

Mr. C. P. L. L. L.

DATE LA

اثر لیکن بازت

جهان و اینشتاین

ترجمه :

احمد بیرنگ

چاپ اول

حق چاپ محفوظ

از انتشارات

شرکت فنی حاج محمد حسین قبال و شرکا

تهران - ۱۳۳۴

cat

P 530.11

پ 51 ج

J. & K. UNIVERSITY LIB.
Acc No 56836
Date 31 3 65

ST-8-

ST-8-

ST-8-



با همکاری مؤسسه انتشارات فرانکلین
تهران . قاهره . لاهور . نیویورک

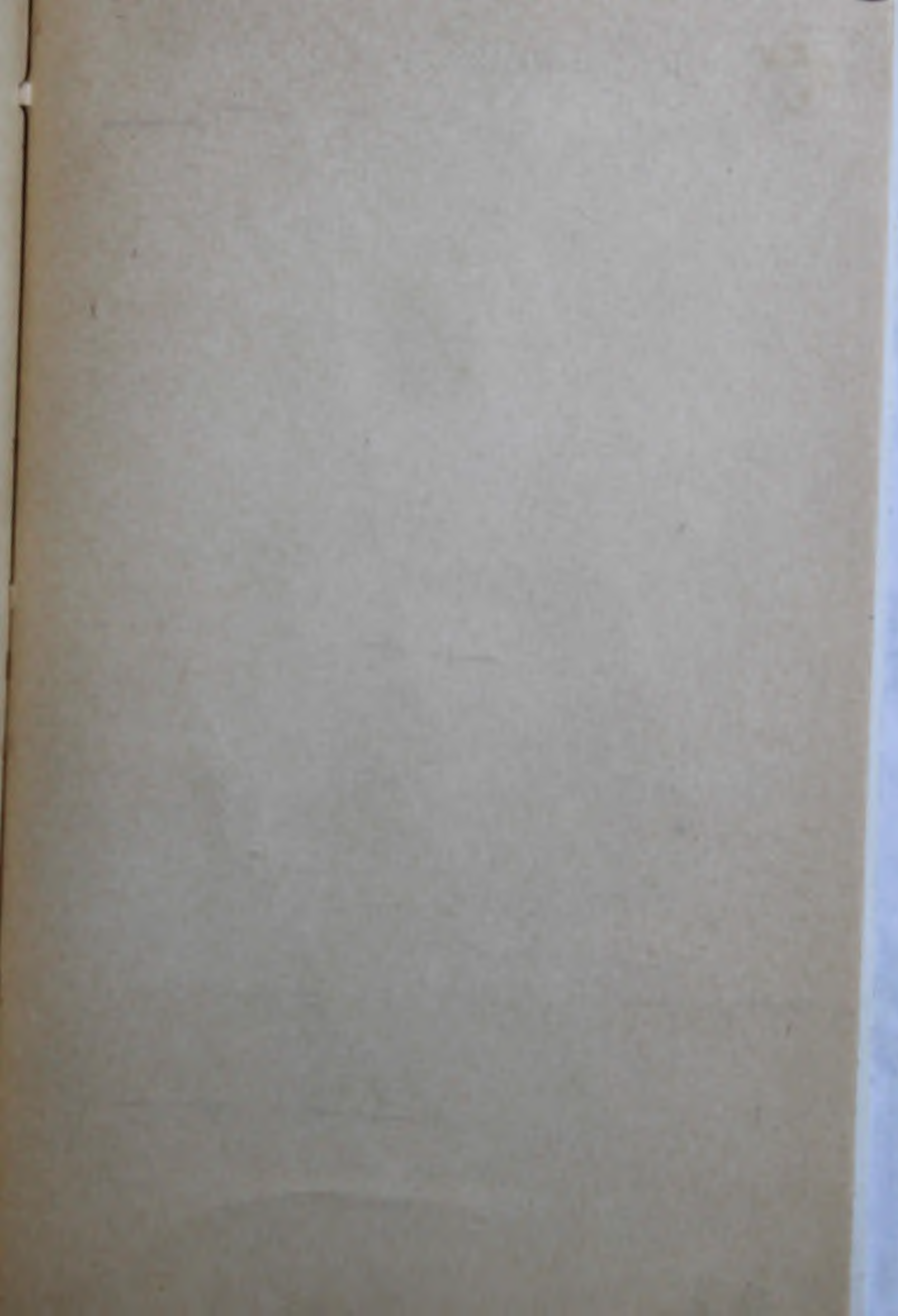
This is an authorized Translation of THE UNIVERSE AND
DR. EINSTEIN by Lincoln Barnett. Copyright 1948, 1950 by
Lincon Barnett. First Published by William Sloane Associates.

لطفاً پیش از مطالعه این غلطهارا تصحیح فرمائید :

صفحه	سطر	غلط	صحیح
۱۶	۸	شباهتهای	شباهتهائی
۲۶	۱۲	سیاه	سفید
۳۶	آخر	djff	diff
۴۰	۱۷	، معین	نا معین
۴۲	۱۴	حقیقی	حقیقتی
۴۸	آخر	مشبث	متشبت
۶۲	۱۰	تور	نور
۶۵	۲۳	سرعت دستگاه کلاسیک	سرعت دستگاه کلاسیک
«	«	مودر	مورد
۷۵	۱۱	سرعتهای بزرگ	سرعتهای بزرگ
۷۷	۲۱	وحد	واحد
۸۴	۷	بکدیگر	یکدیگر
۹۶	۱۸	میوانورد	هوا نورد
۱۰۲	۵	زیار	زیاد
۱۰۵	۱۲	هیئتهای	هیئتهای
۱۱۹	۱۴	خواسته یا ساخته	خواسته ، یا ساخته
۱۲۱	۹	زقیق	رقیق
۱۲۵	۵	بیماد	بیاد
۱۲۶	۷	نقطه بعد از است زائد است	
۱۳۱	۶	بستی	هستی
«	۱۹	، بعد از جانشین زائد است	
۱۳۲	۱۷	حسی عالمی آن	چنین عالمی
۱۳۴	۱۲	طبیعی	طبیعی
«	۱۳	باشد	باشند
۱۳۶	۱۶	بعد از زمان گذاشته شود	
«	۱۷	یا	با
«	«	جای	و جای



آلبرت اینشتاین



مقدمه مترجم

روزی که بعزم ترجمه این کتاب قلم بدست گرفتم وجود اینشتاین مانند خورشید فروزانی در آسمان علم میدرخشید. ولی دریغ! دیری نکشید که این خورشید برای همیشه در زیرافق زندگی جسمانی پنهان شد و دست مرك گوهر تابناك وجود این نابغه بزرگ را در ربود و بشریت را از یکی از بزرگترین مردان علم و اجتماع محروم ساخت.

آلبرت اینشتاین که سال ۱۲۵۷ ه. ش. (= ۱۸۷۹ م.) قدم بمیدان هستی گذاشته بود در فروردینماه ۱۳۳۴ بدرود زندگی گفت. وجود جسمانی او از میان رفت، اما آثار وجود او تا جهان است درجهان خواهد بود و نام وی در ردیف بزرگترین خدمتگزاران و نوابغ بشریت زنده و جاوید خواهد ماند.

چه بسیار از زادگان آدم که می آیند و میروند و وجود شان منشاء اثری نیست و از آمدن و رفتنشان کسی آگاه نمیشود.
یکی مرغ بر کوه بنشست و خاست،

بر آن که چه افزود و زان که چه کاست؟

من آن مرغم و این جهان کوه من،

چو مردم جهان را چه اندوه من.

حتی فاتحان بزرگ و تاجداران نامی هم که در زمان حیات خود جهانی را زیر نگین در آورده و عالمی را از آوازه خود پر کرده اند تأثیرشان محدود بزمان حیات خود بوده یا اندکی پس از آن نیز دوام یافته و دیر یا زود نامشان و بالااقل کارهایشان، در ورطه فراموشی افتاده است، حال آنکه نام ارسطو و افلاطون و گالیله و نیوتن هیچگاه از لوح ضمیر آدمیان زدوده و آثارشان از صفحه روزگار زایل نخواهد شد.

اینشتاین هم از کسان معدودی بود که بزرگتر از آنند که بتوان تأثیر وجودشان را باسانی بیان کرد

آلبرت اینشتاین بسال ۱۸۷۹، در شهر «اولم» آلمان، در میان يك خانواده یهودی چشم دنیا گشود. با اینکه هم از دوران کودکی هوش و ذکای فوق العاده در وجناتش خزانده میشد، چنان مستغرق افکار و اندیشه های دور و دراز خود بود که گاه بگاه از طرف آموزگاران خود به «کنده ذهنی» و «کودنی» متصف میشد. اما او، فارغ از اندیشه های دیگران، فکر خود را پرورش و شمشیر بران منطق و استدلال خود را صیقل میداد. هنوز پانزده ساله نشده بود که آثار تنی چند از فیلسوفان و دانشمندان نامی را با تعمق کامل خوانده بود. در راهی که پیش گرفته بود، یعنی در توجه به علوم، یکچند نیز با مخالفت و مقاومت پدر مواجه شد، اما ثبات قدم و استواری عزم او بر این مانع هم فایق آمد و همچنان در راهی که خرد او در پیش پایش گذاشته بود رفت.

محیط اجتماعی و تعصبات جاهلانه هم مزاحم او بود. او بحکم تقدیر یهودی بدنیآ آمده بود و این «یهودی بودن» تا مدتی دراز برای او تولید «دردر» میکرد، بعدیکه وقتی بدرجۀ «اجازۀ معلمی» رسید جامعه از اینکه یکنفر یهودی را بعنوان مربی و معلم نوباوگان خود برگزیند امتناع کرد و آلبرت جوان، پس از کوشش بسیار، مجبور شد که در اداره امتیازات، در برن (سوئیس)، بکار پردازد. اما در تلاش معاش از هر فرصت که بدست میآورد برای ادامه مطالعات خود استفاده میکرد.

سال ۱۹۰۵ ناظر انتشار «نظریۀ خاص نسبیت» او شد. از آن پس نام وی در محفل های علمی با احترام یاد میشد و درهای دانشگاهها بروی او باز گردید. اما در او جنبۀ معلمی خیلی نیرومند نبود و پیوسته برای پی بردن برازهای نهان طبیعت بمطالعه میپرداخت.

«نظریۀ عام نسبیت» او در ۱۹۱۶ انتشار یافت و شهرت وی راجهانگیر و پادشاهی ملك دانش را برای او مسلم ساخت.

امهیب جنك بزرگ ۱۹۱۴ تا ۱۹۱۸ خشك و تر را سوخت اما بیشتر از همه برای افروزندۀ اصلی خود، یعنی آلمان، مذلت و تیره روزی به بار آورد. اما عجب آنکه هنوز این کشور کمر از زیر بار غرامات و نتایج شوم جنك راست نکرده بود که تلقینات زمامداران خود خواه و کینه توز فکر زور آزمائی و کشور گشائی و انتقام جوئی را در دماغهای مردم پرورش دادن

گرفت . اینشتاین که با آزادمردی و آزادیگی مخصوص از این افکار بیزار بود کشور آلمان را ترك گفت (۱۹۳۳) و بهلند پناهنده شد ، اما آنجا هم آرامشی را که میبجست نیافت و راه خاور زمین پیش گرفت و از شبه قاره هندو کشور آسمانی چین دیدن کرد و بعد به فلسطین و اسپانیا رفت و سرانجام رخت به دنیای جدید کشید و در آنجا رحل اقامت افکند . مقدم وی را در این کشور گرامی شمردند و وسایل کارش را از هر حیث فراهم ساختند و مرد بزرگ در دانشگاه « پرینستن » گوشه « دنجی » یافت و تا آخر عمر در آنجا بمطالعه پرداخت .

اینشتاین بدریافت درجه دکتري افتخاری از دانشگاههای اکسفورد ، کمبریج ، گلاسگو ، زوریخ ، مادرید ، پاریس ؛ بوئنوس آیرس ، روستوك بروكسل ، ژنو ، منچستر پرینستن ، هاروارد و لندن نایل گردیده و در دانشگاههای ریاضی و فنی زوریخ (۱۹۰۶ و ۱۹۱۲) ، پراگ (۱۹۱۱-۱۹۱۲) و کلرژوفرانس (۱۹۳۴) سمت استادی داشته و در دانشگاههای لندن ، اکسفورد ، کمبریج و بسیاری از دانشگاههای امریکا افاضه کرده و از ۱۹۳۳ بسمت استاد افتخاری (پرفسور ایمریتس) دانشگاه پرینستن منصوب گردیده بود . از ۱۹۱۴ تا ۱۹۳۲ ریاست « مؤسسه فیزیك قیصر ویلهلم » را در آلمان عهده دار بوده و در آکادمیهای علوم پاریس و آمستردام و کپنهاك عضویت داشته است .

آثار مهم او عبارتند از : Relativity (۱۹۲۰) ، -

About Zionism ! (۱۹۲۹) Zur Einheitlichen Feldtheorie (۱۹۳۰) Why war ? (۱۹۳۳) با دستياری پرفسور زیگموند فروید ؛ My Philosophy (۱۹۳۴) The world as I See it (۱۹۳۳) ؛ - The Evolntion of Physics (۱۹۳۸) با دستياری لئوپولد اینفلد ؛ - Out of My Later Year (۱۹۵۰)

اینشتاین در آن واحد و عین حال دانشمندی صاحب نبوغ و فیلسوفی صاحب نظر بود و جنبه های علمی و فلسفی در تعلیمات وی چنان باهم آمیخته است که جدا کردن آنها از یکدیگر بسیار دشوار و نزدیک به غیرممکن است . وی ما را در مقابل عالم جدیدی که بنیانش بر دستورهای ریاضی است قرار داده ، عالمی که درکش جز برای کسانی که مایه علمی وافر دارند میسر نیست . بقول آقای دکتر صادق رضا زاده شفق ، استاد دانشگاه تهران « اینشتاین ... بعالم انسانی نشان داد که عقل بشری هم مانند فضا گرد است و دائماً بدور خود می پیچد و تصور میکنند که در علوم بسوی هدفی مطلق میرود در صورتی

که ظرف زمان کوتاهی مانند چند هزار سال دوره تاریخی و چند صد سال توسعه علوم طبیعی معلوم شد علم آدمیزاد محدود بیک سلسله تجربه و قضاوت - های نسبی بوده است » (۱)

قسمت بزرگی از مساعی نابغه بزرگ مصروف باین شد که مفاهیم علمی را بسوی « وحدت » رهبری کند و همه دیددهای طبیعت را تحت قاعده و نظام واحدی در آورد. اگر در این راه به نتیجه قطعی نرسید اما راه را برای رهروان کوبید و نتایج کارهای او مانند مشعل فروزان راه پژوهندگان را روشن میسازد.

دانشمند بزرگ در زندگی اجتماعی و از حیث اخلاق نیز درخشان است که سرمشق و نمونه قرار داده شود.

نه این مختصر را گنجایش آن، و نه این ضعیف را یارای آن، است که ذره‌ای از خورشید عظمت مقام علمی و اجتماعی او را باز شناسانم و نشان دهیم. همان بهتر که مقال را باین شعر لسان الغیب، حافظ شیرازی، که سخت مناسب حال این بنده است، ختم کنم که

در کارخانه‌ای که ره عقل و علم نیست

نفس ضعیف رای فضولی چرا کند؟

احمد بیرشک

خردادماه ۱۳۳۴

(۱) از سخنرانی آقای دکتر شفق در مجلس یادبود اینشتاین در تالار ابن سینای دانشگاه تهران (۷ اردیبهشت ۱۳۳۴).

سیاسگزاری

در اینجا فرض دمه خود میدانم که مراتب حقیقت‌شناسی خویش را
 بحضور دکتر آلن شنستون^(۱) و دکتر والتین^(۲) بارگمان، اعضاء شعبه
 فیزیک دانشگاه پرینستون^(۳)، و دکتر هرمان وایل^(۴)، عضو مؤسسه
 مطالعات عالی پرینستون، و دکتر رابرتسن^(۵)، عضو مؤسسه فنی کالیفرنیا،
 که مراد از تنظیم این کتاب یآوری و راهنمایی کرده‌اند تقدیم دارم.
 همچنین لازم میدانم از دکتر هارلوشپلی^(۶)، عضو رصدخانه هاروارد،
 که با امعان نظر در مسودات این اوراق، خاصه در آنچه مربوط به هیئت
 ونجوم بود، انتقادات و راهنماییهای گرانبها فرمود، سپاسگزاری کنم.
 و نیز باید بویژه از دکتر ویلیام هاونس^(۷)، عضو شعبه فیزیک
 دانشگاه کلمبیا، ابراز کمال قدر دانی کنم که پیش نویس کتاب را، هم
 پیش از انتشار در مجله «هارپرس»^(۸) و هم بصورتی که در اینجا
 بخوانندگان تقدیم میشود، بدقت خواند و رسیدگی کرد و بانهایت صمیمیت
 و حوصله علم و وقت گرانبهای خود را برای حل و رفع مشکلات بسیاری
 که در بیان و عرضه کردن مطلب پیش می‌آمد صرف نمود.

Dr. Valentin Bargmann (۲) Dr. Allen G. Shenstone (۱)
 Dr. Hermann Weyl (۴) Princeton University (۳)
 Dr. Harlow Shapley (۶) Dr. H. P. Robertson (۵)
 Harper's Magazine (۸) Dr. William Havens, Jr. (۷)

تقریظ

از

آلبرت اینشتاین

هر کس کوشیده باشد که يك موضوع مجرد علمی را بنحوی که
درخور فهم همگان باشد بیان کند نيك میداند که در این راه چه مایه
دشواریهاست .

چنین کسی یا جان کلام واصل مطلب را پوشیده میگذارد و فقط
ظواهر آنرا در برابر چشم مشتاقان میگسترد و مطالبی مهم را در قالبی سهل
و قابل فهم برخ آنان میکشد، بقسمی که خواننده بغلط چنین می پندارد
که حقیقت موضوع را دریافته است ، یا آنکه حق مطلب را ادامی کند
اما بالحن و عبارتی چنان دشوار که خواننده ناورزیده در میان راه فرو
میراند و هر گونه امید بدرک مطلب را از دست میدهد .

اگر این دو نوع نوشته را از آنچه « ادبیات علمی قابل فهم عموم »
خوانده میشود برداریم آنچه باقی میماند بسیار قلیل است ، اما با همه قلت خود
بسیار گرانبهاست . بسیار مهم است که برای عامه مردم فرصت آن دست دهد
که با چشم باز و دل هوشیار حاصل کوششها و نتیجه مساعی علمی را بتجربه

دریابند. کافی نیست که هر نتیجه علمی را معدودی از متخصصان در رشته مربوط بدست گیرند و آنرا شرح و بسط دهند. منحصر ساختن مجموعه دانش بشری به مردمی معدود روح فلسفی را در اکثریت میکشد و فقر معنوی بیارمیاورد.

کتاب لینکن بارنت در تفهیم علم بهامه کمکی شایان میکند. در این کتاب اصول اساسی فرضیه نسبیت بنحوی روشن بیان شده و، علاوه بر آن، معلومات و اطلاعات امروزی ما در علم فیزیک بنحوی استادانه مجسم گردیده اند.

مؤلف نشان میدهد که چگونه کوشش ما برای رسیدن بیک مفهوم نظری واحد، که شامل همه معلومات تجربی باشد، دست بدست پیشرفت واقعی علمی داده و وضعی بوجود آورده است که، با وجود همه موفقیت‌هایی که نصیب ما ساخته، ما را در تردید و دودلی گذاشته است که کدام یک از مفاهیم اساسی را باید پذیرفت.

پرینستون، نیوجرسی

۱۰ سپتامبر ۱۹۴۸



در دیوارهای سنك سفید کلیسای ریورساید^(۱) نیویورك پیکر ششصد تن از بزرگان روزگار، از مردان خدا تافیل سوفان و پادشاهان، در دل سنك آهك تراشیده شده و بآنان عمر جاودانی اعطا گردیده است و اینك باچشمانی بی فروغ، که مرك را بر آنهادست تطاول نتواند رسید، نگران فضا و زمان هستند. دريك بدنه دیوار نوابغ عالم علم، که شماره شان به چهارده میرسد، حجاری شده و قرنهای تاریخ را، از ابقر اط، که در حدود ۳۷۰ سال پیش از میلاد مسیح چشم از جهان فرو بسته، تا آلبرت اینشتاین، که در ماه مارس ۱۹۴۹ هفتادمین مرحله عمر را پیموده است، بهم مربوط میسازد. نکته شایان توجه آنکه در میان این مجموعه مردان نامور تنها اینشتاین در قید حیات است و دیگران دیری است که روی از جهان خاک کی بر تافته اند. نکته دیگری هم که در خوردقت است آنست که از هزاران مردمی که هر هفته، در پی عبادت، بدیدنی ترین کلیسای پرتستان نیویورك روی میآورند شاید نود و نه درصد ندانند که چرا و چگونه پیکر اینشتاین در آنجاست. تفصیل این اجمال آنکه نزدیک بسی سال پیش، که طرح نقش و نگار کلیسا ریخته میشد، دکترهای امرسن فاسدیک^(۲) بگروهی از

عالمان نامی کشور نامه هائی نوشت و از آنان خواست که نام چهارده تن از بزرگترین مردان علم را برایش بنویسند. صورتها رسید. عقیده ها متفاوت بود. بیشتر نویسندگان نام ارشمیدس، اقلیدس، گالیله و نیوتن را درسیاهه خود جاداده بودند، اما همه آنان درباره آلبرت اینشتاین اتفاق عقیده داشتند.

از طلوع عظمت علمی اینشتاین، یعنی از ۱۹۰۵ که فرضیه نسبیتی او برای نخستین بار نشر شد، تا زمانی که مردم باین عظمت و علو مقام پی بردند چهل سال طول کشید و این فاصله زمانی نشانه خلاء بزرگی است که در دستگاه تربیتی امریکائی وجود دارد. امروز بیشتر کسانی که روزنامه میخوانند کم و بیش میدانند که بمب اتمی را با اینشتاین ارتباطی بوده است، اما از اینکه بگذریم نام وی مرادف با غوامض و معضلات است. با اینکه امروز فرضیه های او با هیکل علم آمیخته و عجین شده اند هنوز در برنامه های تحصیلی جائی ندارند. پس عجب نیست اگر کسی که تحصیلات دانشگاهی را هم دیده باشد اینشتاین را بجای کشف برخی قوانین کیهانی، که در تلاش مستمر، ولی کند، انسان برای درک حقیقت جهان جسمانی و مادی حائز اهمیت فراوانند، دانشمندی خیالباف و «سور رئالیست» بداند. غافل از اینکه اهمیت نظریه نسبیت فقط در جنبه علمی آن نیست بلکه بیشتر از آن نظر است که این نظریه خود یک دستگاه بزرگ فلسفی است که نتیجه کارهای فکری فیلسوفان بزرگی، مانند لاک (۱) و برکلی (۲) و هیوم (۳)، را که در راه شناخت جهان و چگونگی آن قدم برداشته اند وسیعتر و روشنتر میگرداند. چنین کسی از وسعت و نظام مرموز جهانی

که جایگاه او است تصویری بسیار ناچیز دارد.

دکتر اینشتاین، که اکنون استاد افتخاری ^(۱) « مؤسسه مطالعات عالیّه » پرینستن است، این روزها سرگرم اتمام کار مسئله ایست که بیش از یک ربع قرن است که با آن گلاویز است و حال چنین مینماید که بحل آن موفق شده باشد. این مسئله همان است که با اصطلاح خود او « نظریه حوزة یکی شده » ^(۲) نام دارد و در ضمن یک رشته معادلات متقابل و متوافق قوانین فیزیکی را که مدار کار دوقوه اساسی جهان، یعنی ثقل (جاذبه) و الکترومانیه تیسیم، است بیان میکند.

اهمیت این امر فقط وقتی معلوم خواهد شد که توجه کنیم که اصولاً کلیه آثار و کیفیات طبیعت مولود و نتیجه این دوقوه اساسی هستند. باینکه بشر از اوایل دوران یونانیان بوجود برق و مغناطیس پی برده بود تا صد سال پیش آنها را مقدارهایی از یکدیگر جدا میدانست. اما آزمایشهای ارستد ^(۳) و فاراده ^(۴)، در قرن نوزدهم، مسلم ساخت که جریان برق را همیشه یک میدان مغناطیسی احاطه کرده است، و بعکس، تحت شرایط معین، ممکن است قوای مغناطیسی جریانهای الکتریکی القانمایند. حاصل این آزمایش کشف میدان برق و مغناطیسی (الکترومانیه تیک) بود که امواج نور و امواج رادیو و سایر امواجی که در فضا سیر میکنند از میان آن میگذرند. بدین ترتیب برق و مغناطیس

(۱) Professor Emeritus بمعنی استاد افتخاری با آنچه نزد ما معمول است فرق دارد. ما افتخاری بکسی میگوئیم که برایگان خدمتی انجام دهد اما پرفسور ایمریتس استادی است که بازنشسته شده باشد اما بیاس خدمات گذشته از همه مزایای استادی رسمی برخوردار باشد.

Unified Field Theory (۲)

OErsted (۳)

Faraday (۴)

رامیتوان قوه ای واحد دانست . جز قوه جاذبه عمومی تقریباً همه قوای دیگری که در جهان مادی مؤثرند، مانند نیروی اصطکاک و نیروی شیمیائی که در ذرات (ملکولهای) جسم اتمها را بیکدیگر مربوط میسازند، و قوای اتصالیه که ذرات بزرگتر مواد را بهم ربط میدهند، و قوای ارتجاعی که سبب پایداری شکل اجسام میشوند، همه ریشه و منشأ برق و مغناطیسی دارند؛ چون همه آنها حاصل کشاکش ماده هستند و ماده هم مرکب از اتمهایی است که بنوبه خود از ذرات الکتریکی ترکیب شده اند . اما میان آثار جاذبه عمومی و آثار برق و مغناطیسی هم شباهتهای بسیار شایان توجه و جالب دقت وجود دارد . سیارات در میدان جاذبه خورشید میچرخند و الکترونها در میدان برق و مغناطیسی هسته اتمی؛ زمین خود مغناطیس بزرگی است و این حقیقت، بخصوص بر هر کسی که با قطب نما سروکار داشته باشد، آشکار است؛ خورشید هم دارای يك حوزه مغناطیسی است؛ همچنین است حال دیگر ستارگان .

با آنکه کوشش بسیار شده است که جاذبه عمومی را مانند يك کیفیت برق و مغناطیسی بشناسند تاکنون همه کوششها نقش بر آب گردیده است . اینشتاین خود در سال ۱۹۲۹ گمان برد که یکی کردن این دو اثر توفیق یافته است و در همان سال نوشته ای درباره « نظریه میدان یکی شده »^(۱) منتشر ساخت، اما بعداً از آن عدول کرد، زیرا که آنرا وافی بتوضیح مقصود نیافت . تئوری جدید او که در اواخر سال ۱۹۴۹ ساخته و پرداخته شد متهورانه تر و دامنه دارتر از نظریه قبلی است، چو شامل يك رشته قوانین جهانی است که نه تنها حوزه های بیکران جاذبه عمومی و برق و

مغناطیسی فضای بی انتهای بین ستارگان را شامل است بلکه ماده را
 بر حوزه دهشتناک، اما بسیار کوچک، درون اتم نیز اطلاق شود. هنوز
 ماهها، بلکه سالها، کار مداوم علمی و تجربه ریاضی لازم است تا بتوان
 فهمید که تئوری جدید «میدان یکی شده» به هدف خواهد رسید یا نه. اما
 اگر شاهد مقصود دربر گرفته شود در پرتو نظریه جدید عالمگیر اینشتاین
 شکافی که اکنون «عالم بی نهایت بزرگ» (۱) را از «عالم بی نهایت کوچک» (۲)
 جدا میکند از میان خواهد رفت و این جهان معضل و پیچیده و مرموز
 چنان یکنواخت و متجانس خواهد شد که در آن ماده را از کار مایه
 (انرژی) باز نتوان شناخت و انواع و اقسام حرکات، از گردش آرام
 کهکشانش تا فرار وحشی صفت الکترونها، در حکم تغییراتی خواهند
 بود که در وضع حوزه اصلی، که همه حرکات در آن انجام میشوند، روی
 خواهد داد.

چون هدف علم توضیح و توصیف جهانی است که ما در آن زندگی
 میکنیم اینشتاین، که جنبه های گوناگون طبیعت را در قالب نظریه ای
 عام و یکنواخت درآورده است، به بهترین وجه باین هدف خواهد رسید. اما
 با هر قدمی که بشر در پی کشف حقیقت برمیدارد معنی «توضیح» فشرده تر و
 محدودتر میشود. هنوز علم قادر نیست که در حقیقت واقع ماهیت برق و مغناطیس
 (الکترومانیه تیزم) و جاذبه را «توضیح» کند؛ آثار آنها را میتوان اندازه
 گرفت و حتی پیش بینی کرد اما حقیقت چگونگی آنها بر ما بهمان اندازه معلوم

Macrocosmos (۱)

Microcosmos (۲)

است که برتالس ملیطی^(۱)، که برای اولین بار در ۵۸۵ سال پیش از میلاد مسیح بتفکر درباره دلیل وجود برق در کهربا پرداخت، معلوم بود. بسیاری از دانشمندان بکلی باین عقیده مخالفند که عاقبت روزی بشر خواهد توانست که بداند این نیروهای مرموز و نهفته چیستند. بقول برتراند رسل^(۲) «الکتریسته کلیسمانیست که «چیز» باشد، بلکه الکتریسته کیفیتی است در چیزها. وقتی بیان کنیم که چیزها تحت چه شرایطی دارای الکتریسته میشوند و وقتی که دارای الکتریسته شدند چه حالتی پیدا میکنند و منشأ چه آثاری میگردند، آنچه را که قابل گفتن است گفته ایم و دیگر هیچ بآن نمیتوانیم افزود». تا این اواخر دانشمندان چنین نظری را نمیتوانستند پسندید. ارسطو، که عقایدش در علوم طبیعی در مدت دو هزار سال عقول و افکار مغرب زمین را زیر سیطره و نفوذ خود داشت، می پنداشت که بشر قادر است به نیروی استدلال از «بدیهیات» بکنه و حقیقت نهائی اشیاء برسد. مثلاً از بدیهیات است که هر چیز جایی مخصوص خود دارد، پس اشیاء می افتند برای اینکه بزمین تعلق دارند و جای مخصوصشان زمین است، و دود به هوا میرود برای اینکه جای مخصوصش هواست.

(۱) Thales of Miletus. معروف است که روزی تالس قطعه کهربائی در دست داشت و برای جلادادن آن بپارچه ابریشمینی آنرا سخت مالش داد و وقتی آنرا روی میز گذاشت با نهایت تعجب دید که پر کوچکی، که در آن نزدیکی بود، حرکتی کرد و بکهربا چسبید. تالس کنجکاو شد و چند بار دیگر کهربا را برداشت و روی میز گذاشت اما پر حرکتی نکرد. عاقبت تالس بیاد آورد که کهربا را پیش از گذاشتن روی میز بپارچه مالش داده است، بار دیگر آن کار را کرد و باز پربکهربا چسبید. الکتریسته باین طریق کشف شد ولی حقیقت آن و خواصش مجهول ماند تا بعد از دو هزار سال که مجدداً کشف گردید.

هدف سطور و پیروان او از علم آن بود که بدانند « چرا » اتفاقی روی می‌آید ؛ علم نوین از زمانی بوجود آمد که گالیله سعی کرد بداند که « چگونه » اتفاقی روی می‌دهد . و از همان زمان روش تجربی ، که امروز پایه و اساس مطالعات علمی است ، پی‌گذاری شد .

از میان اکتشافات گالیله و نیوتن ، که يك نسل بعد از وی می‌زیست ، يك جهان مکانیکی بوجود آمد که سراسر نیرو و فشار و کشش و نوسان و موج بود . بنظر می‌رسید که دیگر کیفیتی در طبیعت نمانده است که با آزمایشهای معمولی و عادی قابل توجیه نباشد یا نتوان آن را با نمونه و مثالی مجسم ساخت ، و یا با قواعد و قوانین مکانیکی بسیار دقیق و حیرت انگیز نیوتن پیش‌بینی کرد .

اما هنوز صفحه آخر کتاب قرن گذشته ورق نخورده بود که انحرافهایی در آن قواعد و قوانین مشهود افتاد . هر چند این انحرافها جزئی و کوچک بود اما چنان پایه و اساس استواری داشت که بنیاد عالم نوین را ، که همچون ماشین بود ، متزلزل ساخت . تقریباً بیست سال پیش در ارکان این عقیده که « بكمك علم ميتوان دانست كه وقایع » چگونه « روی می‌دهند » رخنه پیدا شد .

حقیقت آنکه امروز بهیچ روی مسلم نیست که مرد دانشمند با « واقعیت » در تماس باشد یا امید آن داشته باشد که روزی با آن در تماس شود .

University of Washington Library
Accession No. 56836

عواملی را که اولین بار موجب سست شدن ایمان فیزیک دانان به يك دنیای مکانیکی، که صاف و روان در گردش باشد، گردید باید در داخل و خارج افق علم، یعنی در قلمرو افق نامرئی اتم و در عرصهٔ بیکران فضای بین ستاره ها جستجو کرد. برای توصیف کم و کیف این پدیده ها (۱)، در فاصلهٔ بین سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۲۷، دو نظریهٔ بزرگ علمی پیدا شد و توسعه یافت، یکی تئوری کوانتوم (۲) که موضوعش واحدهای اصلی ماده و کارمایه (۳) است و دومی نظریهٔ نسبیت (۴) که از فضا و زمان و ساختمان کلی جهان بحث میکند.

امروز این هر دو نظریه ستونهای فیزیک جدید شناخته شده اند؛ هر دو در قلمرو خود پدیده هارا بوسیله روابط معتبر ریاضی توصیف و تعیین میکنند، اما هیچیک به «چگونه» نیوتن جوابی نمیدهد،

(۱) Phenomena

(۲) Quantum Theory . کوانتوم، که جمعش کوانتا quanta است،

در لغت بمعنی مقدار است و در فیزیک واحدی است که در نظریهٔ کوانتوم برای کارمایه بکار میرود. در نظریهٔ کوانتوم صدور یا جذب کارمایه از طرف اتمها یا ملکولها بصورت يك عمل مداوم انجام نمی شود بلکه در مراحل منقطع روی میدهد و در هر مرحله مقدار معینی (کوانتوم) کارمایه صادر یا جذب میگردد.

(۳) کارمایه لفظی است که مرحوم محمد علی فروغی برای انرژی وضع کرده است

(۴) Relativity

همچنان که قوانین نیوتن ج-وایی برای «چ-را» ی ارسطو نیافتند.
 مثلاً هر دو معادلاتی داده اند که قوانین تشعشع و انتشار نور را به
 دقیقترین وجه توضیح میکنند اما چگونگی دستگاهی که بكمك آن اتم
 نور ساطع میکند و نور در فضا پراکنده میگردد هنوز از رازهای پنهان
 طبیعت است. و نیز قواعدی که بر پدیده «رادیو آکتیو تیه» حکومت
 میکنند برای مرد دانشمند پیشگوئی این امر را ممکن میسازند که در
 طول مدت معین از مقدار معینی او را نیوم فلان مقدار اتم جدا و متلاشی میشود،
 اما کدام اتمها متلاشی میشوند و چرا این اتمها محکوم بتلاشی و تباهی
 شده اند پرسشهایی است که انسان نمی تواند بآنها جوابی بدهد.
 از وقتی که فیزیک دانها برای طبیعت توصیف ریاضی قائل شدند
 بناچار عالم عادی تجربی، یعنی دنیای محسوسات، را ترك گفتند. برای
 درك معنی این عقب نشینی باید بآنسوی خط نازکی که حد فاصل بین
 جهان حکمت طبیعی و عالم مابعدالطبیعه است قدم گذاریم.
 از زمانی که سپیده دم عقل بشر دمید فکر فیلسوفان همواره بار وابط
 میان ناظر (۱) و حقیقت و میان حقایق ذهنی و عینی (۲) مشغول بوده
 است. دیمقراطیس (۳)، حکیم یونانی، معتقد بود که «تلخ و شیرین،
 سرد و گرم، سرخ و سفید و رنگهای دیگر همه در فکر ما وجود دارند نه
 در عالم خارج و حقیقی. آنچه واقعیت دارد ذراتی تغییرناپذیر، یعنی اتمها،
 هستند و حرکت آنها در فضای خالی». گالیله هم میدانست و معتقد بود که «صفات
 ظاهری و محسوس اشیاء، مانند رنگ و بو و مزه و صدا، صرفاً نتیجه تصرف طبع
 آدمی است و آنها را نمیتوان بخود آن اشیاء نسبت داد، همچنان که

ناراحتی یادردی را که از دست زدن بچیزی عارض میشود نمیتوان بآن چیز منتسب دانست.

جان لاک^(۱)، فیلسوف انگلیسی، سعی کرد که صفات ماده را بدو دسته تقسیم کند و دسته‌ای را صفات اولیه یا اصلی^(۲) و دسته دیگر را صفات ثانویه یا فرعی^(۳) بنامد، و باین ترتیب در کنه و جوهر اصلی مواد رسوخ کند. مثلاً بعقیده او شکل و حرکت و جسمیت و همه خواص هندسی اشیاء صفات اصلی و ذاتی آنها هستند و رنگ و طعم و صدا صفات فرعی آنها، و صفات اخیر در حقیقت فقط انعکاس اشیاء اند در اعضاء مختلف حواس ما. ساختگی بودن این تقسیم بندی در نظر متفکرانی که بعد از لاک آمدند از روز روشنتر بود.

لایب نیتز^(۴)، ریاضی دان بزرگ آلمانی، مدعی بود که میتواند ثابت کند که نه تنه‌ارو شنائی و رنگ و گرمی و مانند آنها صفات ظاهری اشیاء اند بلکه حرکت و شکل و نمو اشیاء نیز چنین هستند؛ مثلاً همانطور که حس بینائی حکم میکند که رنگ توپ بازی سفید است حس لامسه ماقضات مینماید که آن توپ صاف است و گرد و کوچک؛ و این صفات هم، مانند سفیدی، چیزی در بیرون حواس ما یا مستقل از قرار داد های ما نیستند. باین ترتیب اندک اندک فیلسوفان و دانشمندان باین نتیجه بهت آور رسیدند که چون هر چیز فقط عبارت است از اوصاف آن و چون صفات فقط در ذهن وجود دارند همه جهان ماده و کارمایه، از اتم تا ستاره، ساخته

و پرداخته ذهن (۱) ما است و بنائی است مرکب از قرائن و اماراتی که همه آفریده حواس آدمی است، و بقول برکلی (۲)، که دشمن سرسخت مسلك مادی (۳) بود: «همه بساط آسمان و بسیط زمین و همه چیزهایی که دستگاه عظیم جهان را تشکیل داده اند از خود جوهری، و جز در عالم ذهن وجودی، ندارند. تا وقتی که تحت تأثیر حواس من واقع نشده و یا در ذهن من، یا ذهن مخلوقی دیگر، هستی نیافته اند یا اصلاً نیستند و یا اگر هستند بناچار در ذهن «ذاتی لایزال» موجودند.»

اینشتاین این استدلال منطقی را تا حدود نهائی کشانید و نشان داد که حتی زمان و مکان هم صورتهائی از «شهود» (۴) ما هستند و همچنان که مفاهیم شکل و رنگ و اندازه را نمیتوان از ذهن ماجدادانست زمان و فضا را هم نمیتوان از آن جدا شناخت. فضا در واقع چیزی نیست جز نظم و ترتیب اشیائی که مادر آن می بینیم و زمان وجودی ندارد مگر ترتیب وقایعی که بکمکشان آنرا اندازه میگیریم.



این ظرافت و دقایق فلسفی بر روی علم نوین تأثیری عمیق دارند. زیرا که در همان اثنا که فیلسوفان همه حقایق عینی را بیک جهان و همی ادراکات مبدل ساختند دانشمندان با کمال وحشت دریافتند که حواس آدمی تا چه اندازه محدود است. هر کس که تیغه بلورین منشوری را بر سر راه پرتو خورشید قرار دهد و با انکسار نور الوان رنگین کمان را

Conscience (۱)

Berkeley (۲)

ماتریالیسم (۳)

Intuition (۴)

بر روی پرده‌ای بنگردد تمام عرصه قابل رویت نور را زیر نظر خواهد داشت زیرا که چشم ما فقط میتواند نوار باریکی از تشعشع نور را که بین سرخ و بنفش است درك کنند. فاصله بین قسمت‌های قابل رویت و غیر قابل رویت نور از يك چند صد هـ-زارم سانتیمتر بیشتر نیست. طول موج نور سرخ ۰۰۰۰۰۷ ر. سانتیمتر و طول موج نور بنفش ۰۰۰۰۰۴ ر. سانتیمتر است.

اما خورشید تشعشعات دیگری هم دارد. مثلاً شعاع‌های زیر سرخ، (۱) که طول موجشان بین ۰۰۰۰۰۸ ر. تا ۰۳۲ ر. سانتیمتر است، اندکی بلندتر از آنند که بتوانند شبکیه چشم را، بصورت نور، متأثر سازند ولی در پوست بدن بصورت حرارت تأثیر میکنند. همچنین شعاع‌های بالاتر از بنفش، (۲) که طول موج‌های بین ۰۰۰۰۰۰۳ ر. و ۰۰۰۰۰۰۱ ر. سانتیمتر دارند، کوتاه‌تر از آنند که چشم بتواند آنها را درك کند، اما میتوان آنها را بر صفحه حساس عکاسی ضبط کرد. حتی با اشعه مجهول (۳) هم، که طول موجشان از طول موج شعاع‌های بالاتر از بنفش کمتر است، میتوان عکس گرفت. گذشته از آنچه گفته شد موج‌های «برق و مغناطیسی» (۴) دیگری هستند که تواتر (۵) کمتر یا بیشتر دارند، مانند شعاع‌های گاما (۶) رادیوم و امواج رادیویی و اشعه کیهانی که میتوان بصورت‌های مختلف بوجودشان پی برد

Infrared (۱) Ultraviolet (۲) X-rays (۳)

(۴) الکترومانیة نيك

(۵) فرکانس

Gamma Rays (۶)

اکنون که دریافته ایم که آنچه از جهان و هر چه در آن است میدانیم از تئوراتی است که بسبب نقص حواس ما بصورتی محو و مبهم در آمده است. کوشش برای درك حقیقت حاصلی جز نومییدی نخواهد داشت. اگر هر چیز جز در حدودی که قابل احساس و درك است وجود نداشته باشد جهان در نظر هر فرد انبوهی مبهم و درهم و برهم از مستدرکات خود او خواهد بود. اما نظام شکفت آوری بر آنچه ما درك میکنیم حکومت میکند، چنان که گویی قشری از واقعیت عینی در زیر قشرهای دیگر نهفته است و حواس ما آنرا تعبیر و تفسیر میکنند. هر چند مسلم نیست که دو نفر از يك رنگ یا يك آهنگ بیک نحو متاثر شوند باز میتوان پایه و مبنا را بر این فرض استوار کرد که همه افراد کم و بیش رنگها را يك نحو می بینند و آهنگها را يك منوال می شنوند.

حکیمانی چون بر کلی و دکارت و اسپینوزا این هم آهنگی گردش طبیعت را به «خدا» نسبت میدادند. فیزیک دانان جدید، که ترجیح میدهند دست خدا را از کارها کوتاه کنند (هر چند این امر هر لحظه دشوارتر میشود) تأکید میکنند که مدار کار طبیعت بنحوی مرموز بر مبانی ریاضی استوار است. همین مبتنی بودن کارهای جهان بر اصول ریاضی است که دانشمندانی مانند اینشتاین را، که جز با علوم نظری سروکار ندارند، موفق میسازد که فقط با حل معادلات ریاضی قوانین و قواعد طبیعی را پیشگویی و کشف کنند.

تناقضی که امروز در کار فیزیک وجود دارد اینست که هر قدر وسایل کار ریاضی آن بهتر میشود شکافی که بین عالم واقعی و شخص ناظر وجود دارد عمیقتر میگردد.

شاید این معنی شایان توجه بسیار باشد که انسان از حیث اندازه بینابین عالم کبیر (۱)، یابی نهایت بزرگ، و عالم صغیر (۲)، یابی نهایت کوچک، قرار دارد؛ یعنی همان اندازه که بزرگترین ستاره ها از انسان بزرگتر است کوچکترین مقدار فیزیکی، یعنی الکترون، از او کوچکتر میباشد. پس عجب نیست که هر چه عرصه های طبیعت از این آدمی، که در چهار دیوار حواس خود محبوس است، دورتر باشد اسراری که در آنها نهفته است بیشتر است؛ و هم نه جای شگفتی است اگر علم، که نتوانسته است ابتدا و انتهای حدود واقعیت را با استعارات عادی فیزیک کلاسیک تعیین و تبیین نماید، بر روابط ریاضی، بهر صورت که پیش آید، دلخوش دارد و اکتفا کند.

Macrocosme (۱)

microcosme (۲)

در سال ۱۹۰۰ علم اولین قدم را برای عطف توجه از جنبه حسی و ماشینی بجنبه مجرد و ریاضی برداشت. در این سال ماکس پلانک^(۱) تئوری کوانتوم خود را عرضه کرد تا بکمال آن به برخی از مسائل که در مطالعات وابسته به تشعشعات الکتریکی پیش آمده بود جواب گوید. همه کس میدانند که وقتی جسمی را آنقدر حرارت دهند که بحال التهاب درآید نخست نور سرخی از آن ساطع میشود که بتدریج، هرچه درجه حرارت بیشتر شود، برنگ نارنجی و زرد و سفید درمیآید. در قرن گذشته نهایت مجاهدت بعمل آمد شاید قانونی بیان شود که رابطه بین مقدار کارمایه‌ای (انرژی) را که از اینگونه اجسام ملتهب متشعشع میشود با طول موج و درجه حرارت معین کند. کوششها بجائی نرسید تا وقتی که پلانک با محاسبات ریاضی معادله‌ای یافت که بانتایج تجربی میخواند. صفت مشخصه فوق‌العاده معادله او مبتنی بودن آن بر این فرض بود که کارمایه‌ای که از اجسام ملتهب متشعشع میگردد بصورت جریانی متصل و مداوم نیست بلکه بشکل اجزاء منقطعی است که وی آنها را کوانتا نامید.

پلانک برای گفته خود دلیل و برهانی نداشت، چون هیچکس

می پنداشت که فقط معادلات تشعشع حرارت را پیدا کرده است اما اینشتاین اعلام داشت که هر نوع کارمایه تشعشعی - مانند نور و حرارت و شعاعهای مجهول - بشکل کوانتومهای مجزا و منفصل در فضا سیر میکند. پس اگر وقتی روبروی آتش نشستیم ایما احساس گرمی می کنیم نتیجه آنست که پوست بدن ما بوسیله تعداد بیشماری کوانتومهای حرارتی که در حال تشعشع است بمباران میشود؛ و نیز دیدن رنگهای مختلف نتیجه بمباران شدن اعصاب حس بینائی است بوسیله کوانتومهای نور که تواتر آنها تابع دستور $E = h\nu$ است.

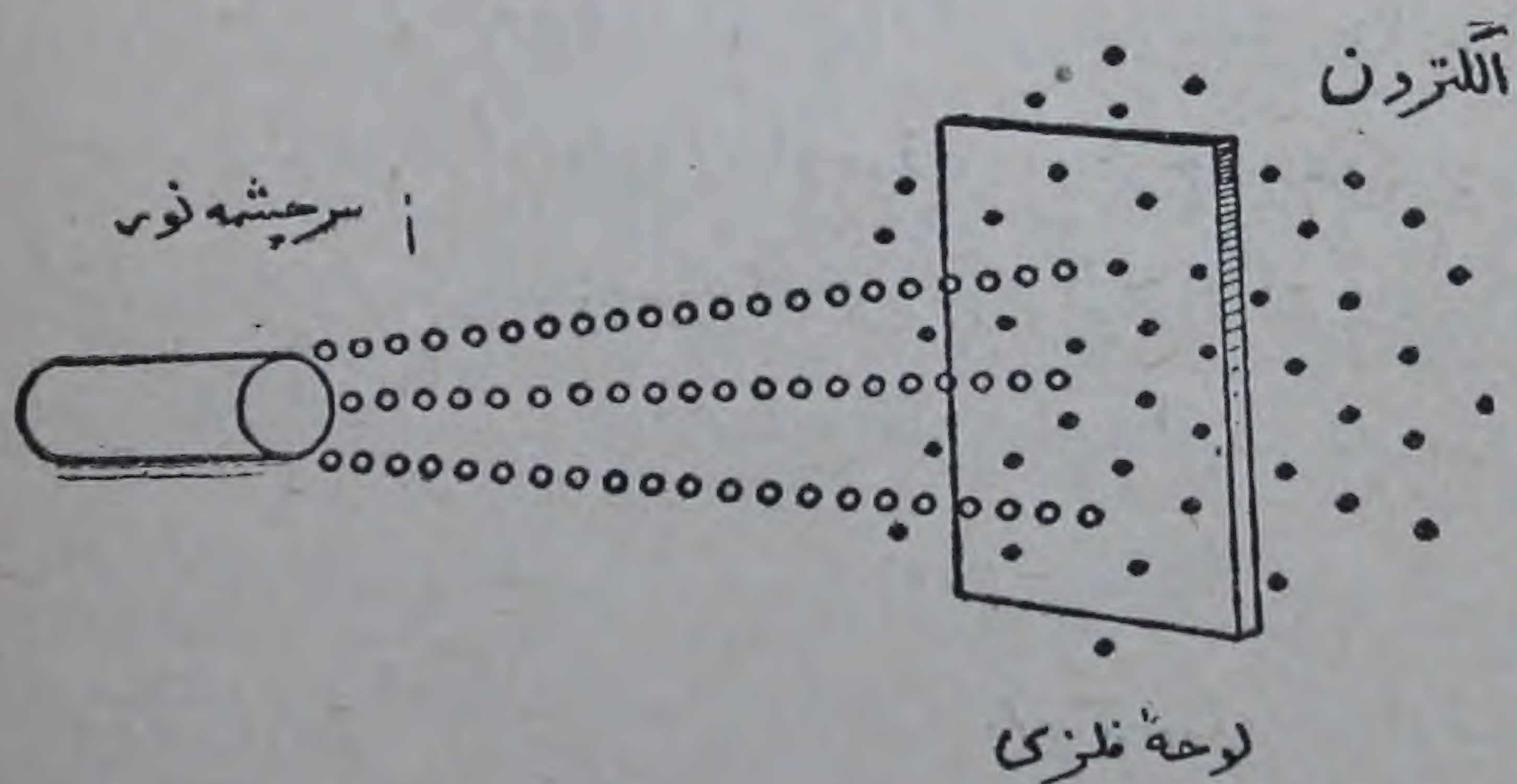
اینشتاین این فکر را باین نحو تجسم بخشید که قانونی آورد که پدیده بسیار بخرنج فتوالکتریک^(۱) را تبیین و توضیح نمود. فیزیک دانان در جواب این معما درمانده بودند که چرا اگر نور بنفش را بر یک صفحه فلزی بتابانند رگباری از الکترون از صفحه خارج میشود و هر گاه نور سرخ یا زرد را بر صفحه بتابانند سرعت خروج رگبار الکترونی کمتر است. مدت و سرعتی که با آن الکترونها از صفحه فلزی جدا میشوند بستگی بر نرگ نور دارد نه شدت آن. حتی اگر منبع نور را بمقدار معتناهی دور کنند و فقط شعاع ضعیفی بر صفحه بتابانند تعداد الکترونهایی که از صفحه خارج میشوند کمتر میشود اما سرعت آن بهیچ روی کاهش نمی یابد، حتی اگر منبع نور قابل رویت نباشد.

اینشتاین معتقد شد که این کیفیت شگفت راتنها باین نحو باید تعبیر کرد که هر نوری از ذرات یادانه های مخصوص کارمایه بنام «فوتون»^(۲) تشکیل گردیده است. وقتی که یکی از این فوتونها بالکترونی اصابت

Photo - electric (۱)

Photon (۲)

کند تأثیرش مانند اصابت دو توپ بیلیارد به یکدیگر است. بعدها اینشتاین استدلال کرد که کارمایه مخزون در فوتونهای نور بنفش و بالاتر از بنفش و هر تشعشع دیگری که تواتر زیادتر داشته باشد بیشتر از کارمایه ایست که در فوتونهای نور سرخ یا زیر سرخ ذخیره شده است و سرعت جدا شدن الکترونها از صفحه فلزی متناسب است با کارمایه موجود در فوتونی که بآن اصابت میکند. اینشتاین این اصول را بكمك يك سلسله معادلات مهم بیان کرد که هم جایزه نوبل را نصیب وی کردند و هم در کارهای بعدی فیزیک اتمی و طیفی تأثیر شایان داشتند. بشر و جود تلویزیون و موارد دیگر استعمال پیلهای فتوالکتریک را مرهون قانون فتوالکتریک اینشتاین است.



اثر فتوالکتریک را اینشتاین در ۱۹۰۵ تفسیر کرد. وقتی که نور بريك صفحه فلزی بتابد رکاری از صفحه خارج میشود. این کیفیت بانثوری موجی نور، که سابقاً مورد قبول بود، سازگار نیست. اینشتاین اینطور فهمید که نور بيك جریان مداوم کارمایه نیست بلکه از ذرات منفرد یادسته های ذرات کارمایه ترکیب شده است و او آنها را فوتون نامید. وقتی که فوتونی بالکترونی برخورد همان تأثیری را دارد که اصابت دو توپ بیلیارد بیکدیگر دارد و در شکل بالا چگونگی آن نموده شده است.

باین ترتیب اینشتاین اصل جدید مهمی را در فیزیک بیان کرد و

در همان حال از یکی از پنهان ترین و مزاحم ترین معماهای طبیعت پرده برداشت. امروز دیگر بر هیچکس پوشیده نیست که ماده اذاتمهایی ساخته شده است که بنوبه خود از واحدهای کوچکتري بنام الکترون و نوترون^(۱) و پروتون^(۲) ترکیب گردیده اند. اما این نظرتازه اینشتاین که نور را مرکب از ذرات مجزا و منفصل معرفی میکرد با تئوری معروف دیگری که نور را مرکب از امواج میدانست سازگار نبود.

در حقیقت بعضی کیفیات در نور دیده میشود که توضیح آنها فقط با تئوری موجی میسر است. مثلاً سایه‌های اشیاء معمولی، مانند خانه و درخت و تیرهای تلگراف، درست و بوضوح پدیدارند اما اگر مفتول یا تار موی نازکی را بین منبع نور و صفحه‌ای نگاه داریم بهیچوجه سایه مشخص و واضحی بر صفحه نمی‌افتد، و این معنی میرساند که امواج نور در بر خورد با تار مو منکسر شده‌اند، بهمان قسم که امواج آب در اطراف تخته سنگ کوچکی منحرف میشوند و تغییر جهت میدهند. همچنین پرتو نوری که از روزنه گردی میگذرد قرص نورانی گردی بر صفحه می‌افکند که دوره آن بوضوح مرسم گردیده است، اما اگر روزنه را به تنگی سوراخ سوزن بگیریم دیگر يك قرص نورانی با پیرامون مشخص بر صفحه دیده نمی‌شود بلکه بر روی آن يك رشته دایره‌های هم‌مرکز مشاهده می‌گردند که متناوباً روشن و تاریک هستند و شباهت به هدفهائی دارند که در میدانهای تیراندازی بکار میرود. این کیفیت را تفرق^(۳) میگویند و آنرا همانند

Neutron (۱)

Proton (۲)

Diffraction (۳)

این خاصیت امواج دریا میداند که چون از دهانه کم عرض لنگر گاهی
و بندری میگذرند متفرق و از یکدیگر دور میشوند. هر گاه بجای يك
سوراخ سوزن دو سوراخ سوزن که پهلوهای هم و خیلی بهم نزدیک باشند
بکار ببریم نتایج تفرق درهم می آمیزند و بصورت يك سلسله نوارهای باریك
متوازی در می آیند. همانقسم که اگر در استخر آبی دورشته موج بیکدیگر
برسند اگر برآمدگیهای يك سلسله بر برآمدگیهای سلسله دیگر منطبق
شوند یکدیگر را تقویت میکنند و موج بزرگتری بوجود میآورند اما
اگر يك برآمدگی و يك فرو رفتگی باهم ترکیب شوند اثر یکدیگر را خنثی
میکنند، در مورد ته سوزنهای مجاور، نوارهای روشن در جاهائی تشکیل
میشود که دو موج نور یکدیگر را تقویت میکنند و نوارهای تاریك در
جاهائی که امواج با یکدیگر تداخل و یکدیگر را خنثی مینمایند. باید
دانست که این کیفیات، یعنی تفرق و تداخل، از خصایص موجند و اگر
نور از ذرات مجزا و منفصل ساخته شده بود چنین چیزهائی روی نمیداد.
حاصل بیشتر از دو قرن آزمایش و کار نظری این بود که نور باید عبارت
باشد از امواج، و علی رغم تمام اینها قانون فتو الکتریک اینشتاین نشان
میدهد که نور باید عبارت باشد از فوتونها.

باین پرسش اساسی که نور موج است یا ذره هنوز جوابی داده
نشده است. این صفت دو حقیقتی^(۱) که در نور هست جلوه ایست
از دو حقیقتی عمیقتر و جالبتری که در تمام طبیعت مشهود است.



نخستین اشارتی که باین دو حقیقتی عجیب رفت در سال ۱۹۲۵ بود

که فیزیک دان فرانسوی جوان ، بنام لوی دو بروگلی ^(۱) ، اعلام داشت که برای اینکه کیفیاتی را که متضمن درهم آمیختگی ماده و تشعشع است بهتر درك کنیم باید الکترونها را دستگاههایی از امواج بشمار آوریم نه بصورت ذرات منفرد . این عقیده متهورانه اساس بیست سال تحقیق و مطالعه درباره کوانتوم را یکباره درهم ریخت ، حال آنکه در این مدت علمای فیزیک اندیشه های خاص درباره ذرات ماده پیدا کرده بودند . تا آن زمان اتم را به مثابه منظومه شمسی کوچکی فرض میکردند که مرکب از یک هسته مرکزی بود که گرداگرد آنرا تعداد متغیری الکترون فرا گرفته بود (درئیدرژن تعداد الکترونها یکی و در اورانیوم ۹۲) و الکترونها همه در روی مدارهای مستدیر یا بیضی شکل میگردیدند . اما وضع الکترون باین وضوح نبود . آزمایشهایی که شده بود نشان میداد که تمام الکترونها تقریباً دارای جرم و بار الکتریکی متساوی هستند و باین سبب بطور طبیعی ، بمنزله سنگهای پی ساختمان بشمار میآمدند . همچنین در آغاز کار ، بی آنکه اشکالی بنظر برسد ، الکترونها را گویهائی سخت و قابل ارتجاع میدانستند اما رفته رفته ، با پیشرفت تحقیقات ، معلوم شد الکترونها گریز پاتر از آنند که تصور میرفت و حاضر نیستند که تحت مشاهده و اندازه گیری قرار گیرند . وضع الکترونها بسیار پیچیده تر و غریب تر از آن مینمود که بتوان ذرات مادیشان دانست . بقول سر جیمز جنز ^(۲) ، فیزیک دان بریتانیائی ، « گوی سخت همیشه در فضا وضعی معین دارد و الکترون چنین نیست ؛ گوی سخت مقدار معینی جا اشغال

Louis de Broglie (۱)

Sir James Jeans (۲)

میکند. اما تحقیق آنکه يك الكترون چقدر جا میگیرد درست همان اندازه بی معنی است که بخواهیم تحقیق کنیم که يك ترس، یا يك اضطراب، یا يك نگرانی چقدر جا اشغال مینماید.

اندك زمانی پس از آنکه دو بروگلی نظر خود را درباره « امواج ماده » اعلام کرد يك فیزیک دان اتریشی (اهل وین) بنام شرودینگر^(۱) همان فکر را بيك صورت روشن ریاضی پروراند و دستگاهی پدید آورد که میتواند پدیده کوانتوم را بوسیله نسبت دادن خواص موجی به الكترونها و پروتونها توجیه و توضیح کند. این دستگاه، که به « مکانیک موجها » معروف است، در ۱۹۲۷ که دودانشمندها ریگائی بنام دیویسن^(۲) و جرمر^(۳) با آزمایشهای خود باثبات رساندند که الكترونها بالفعل از خود خصایص موجی بروز میدهند تایید و تحکیم شد. دودانشمند نامبرده شعاعی از الكترونها بريك بلور^(۴) فلزی تابانند و خطوط تفرقی شبیه بخطوطی که بهنگام گذشتن نور از سوراخ سوزن حاصل میشود بدست آوردند. بعلاوه اندازه گیریهای آنان نشان داد که طول موج يك الكترون درست بهمان مقدار دقیقی است که معادله دو بروگلی پیشگوئی میکند، یعنی معادله $\lambda = h / mv$ که در آن v سرعت و m جرم الكترون و h عدد ثابت پلانک است. اما هنوز شکفتیهایی دیگری در کمین بود، چو آزمایشهای

Shrödinger (۱)

Davisson (۲)

Germer (۳)

Cristal (۴). بلور یا کریستال که اتمهای ترکیب کننده اش بسیار منظم هستند

وفضای بین آنها بسیار محدود و تنگ است برای طول موجهای بسیار کوتاه مانند طول موج اشعه مجهول بعنوان وسیله تفرق diffraction grating بکار میرود.

بعدی نشان داد که نه تنها الکترونها بلکه اتمها و ملکولها هم، وقتی در برخورد بایک سطح بلور متفرق میشوند، تولید موج میکنند و طول موجشان درست همان است که دو بروگلی و شرودینگر پیشگویی کرده بودند، باین ترتیب کلیه واحدهای اساسی ماده، یعنی آنچه کلارک ماکس ول^(۱) «پی‌های فنا ناپذیر جهان» نامیده بود، اندک اندک جوهر وهستی خود را ازدست دادند. آن الکترون کروی سابق بصورت یک بار موج الکتریکی درآمد و اتم هم دستگاهی شد مرکب از امواج برهم - خفته و متراکم. پس نتیجه جز این نبود که گفته شود هر ماده ای از امواج ساخته شده و مادر دنیای امواج بسرمیبریم.

تناقض بین وجود امواج ماده، از یک طرف، و ذرات نور، از طرف دیگر، در دهه قبل از جنگ دوم جهانی در نتیجه چند پیشرفت علمی حل شد و از میان رفت. هایزنبرگ^(۲) و برن^(۳)، فیزیک دانان آلمانی، شکافی را که وجود داشت پر کردند باین نحو که یک دستگاه ریاضی جدید بوجود آوردند که بموجب آن ممکن بود پدیده کوانتوم را بدقت تمام بدلیخواه بر حسب امواج یا بر حسب ذرات توصیف کرد. دستگاه ریاضی آنان مبتنی بر اندیشه‌ای بود که در فلسفه علم نفوذی عمیق داشت. این دودانشمند معتقد بودند که فیزیک دان بعثت وقت خود را صرف مطالعه یک الکترون تنها میکند حال آنکه در آزمایشگاه سروکار او باشعاعها یا رگبارهای الکترونی است که هر یک دارای میلیاردها ذره یا موج منفرد هستند. پس سروکار دانشمندان فقط با خواص و نتایج حاصل از توده‌های

J. Clerk Maxwell (۱)

Heisenberg (۲)

Born (۳)

الکترون است ، یعنی با آمار و قوانین احتمالات و تصادفات . پس در عمل تفاوت نمیکند که فرد فرد الکترونها عبارت از ذرات باشند یا دستگاههای امواج ، وقتی که آنها را دسته جمعی در نظر بگیریم تصورشان بهر دو صورت درست است . مثلاً ، اگر دو فیزیکدان در کنار دریا چشم بامواج دوخته باشند ممکن است یکی از آنان موج را بدین مضمون تعریف کند که « خواص و شدت آن در کمال وضوح بوسیله وضع برآمدگی و فرو رفتگی آن مشخص میگرددند » و دیگری هم با همان دقت معتقد باشد که « اهمیت آنچه که برآمدگی موج نامیده میشود در این است که از فرو رفتگی موج مقدار بیشتری ملکول آب دارد » .

بهمین وجه برن عبارتی را که شرودینگر در معادلات خود برای بیان تابع موجی بکار برده بود گرفت و آنرا از جنبه آماری بنوعی « احتمال » تعبیر کرد ؛ یعنی شدت هر قسمت موج را بمنزله اندازه ذراتی دانست که احتمالاً در آن نقطه توزیع شده باشند . باین نحو او در پدیده تفرق ، که تا آن زمان فقط بوسیله نظریه موجی قابل توجیه دانسته میشد ، احتمال داد که برخی اجسام خیلی کوچک - مانند کوانتومهای نور یا مانند الکترونها - مسیر معینی را دنبال کنند و بجای معینی برسند . باین ترتیب « امواج ماده » به « امواج احتمالات » مبدل گردید . دیگر صحبت آن نیست که ما با الکترون سروکار داریم ، یا با اتم ، یا با یک موج احتمال ؛ معادلات هاینز برگ و برن برای هر کدام از اینها صحیح است . دیگر ما مختاریم که خود را در یک دنیای امواج بدانیم یا یک دنیای ذرات ، و یا بقول یک دانشمند شوخ طبع در یک دنیای « ذره موجها »

فیزیک کوانتومی از طرفی روابطی را که بر واحدهای اصلی تشعشع و ماده حکومت میکنند با نهایت دقت تعیین میکند و از طرفی وضع حقیقی هر دورا مبهم و تاریک میسازد. بسیاری از فیزیک دانان جدید کوشش برای درک حقیقت هر چیز را ناشی از ساده دلی میدانند. اینان که «خواهان فلسفه تحقیق» یا «طرفداران منطقی آزمایش» نامیده میشوند عقیده راسخ دارند که کار هر دانشمند فقط بیان چیزهائی است که مشاهده میکند. پس اگر دانشمندی با وسایل مختلف دو آزمایش کند و از یکی نتیجه بگیرد که نور از ذرات تشکیل شده و از دیگری این نتیجه را بدست آورد که نور از امواج ترکیب گردیده است هر دو نتیجه را باید بپذیرد و آنها را مکمل یکدیگر بداند نه منافی و مناقض یکدیگر. هیچیک از دو مفهوم به تنهایی برای تعریف نور کافی نیست و وجود هر دو باهم برای این معنی ضرورت دارد؛ هر دو لازم هستند تا حقیقت را تبیین کنند و جستجوی اینکه کدام یک در حقیقت حقیقت است امری است بی معنی، زیرا که در قاموس مجرد فیزیک کوانتومی لغت «حقیقت» وجود ندارد.

این امید و انتظار نیز نابجاست که اختراع ابزار دقیقتر و ظریفتری

ما را قادر سازد که در عالم صغیر ^(۱) پیشرفت بیشتری کنیم. در وقایعی که در جهان اتمی روی میدهد ابهامی است که دقت مطالعه و ابصار یا ظرافت و سایل کار بقلع آن قادر نیستند. گناه آنکه ما طرز رفتار اتم را درک نمیکنیم بگردن و سایل کارمان نیست و ضمحتمی و کم دقتی ابزار را مسئول آن نمیتوان شناخت بلکه این وضع، همچنانکه هایزنبرک بسال ۱۹۲۷ در قانون مشهور فیزیکی بنام « اصل عدم یقین ^(۲) » بیان کرده، نتیجه طبیعت خود اشیاء است. هایزنبرک برای بکرسی نشاندن نظر خود تجربه موهومی فرض کرد که در آن فیزیکدانی سعی میکند که با استفاده از یک میکروسکوپ بی نهایت قوی و دقیق وضع یک الکترون متحرک و جهت و مقدار سرعت آنرا مطالعه کند. در این صورت، همچنانکه قبلاً هم گفتیم، یک الکترون منفرد وضع و سرعت مشخص نمیتواند داشت. فیزیکدان وقتی میتواند بدقت وضع الکترون را معین کند که با تعداد بسیار زیادی از آن سروکار داشته باشد. اما اگر سعی کند که جای الکترون مخصوصی را در فضا مشخص کند بهترین کاری که میتواند بکند اینست که نقطه ای در میان حرکات امواج بسیار متراکم و پیچیده را وضع « احتمالی » الکترون مورد بحث بداند. الکترون تنها مبهم، و مانند باد یا موج صوت در تاریکی شب، معینی است و هر چه تعداد الکترونهائی که دانشمند در آنها مشغول مطالعه است کمتر باشد نتیجه اکتشافات و مطالعات او با ابهام بیشتری توأم خواهد بود.

هایزنبرک برای اثبات اینکه این ابهام و نامعین بودن نتیجه یک مانع و رادع طبیعی است نه نتیجه نارس بودن علم انسان چنین انگاشت که میکروسکوپ

Microcosme (۱)

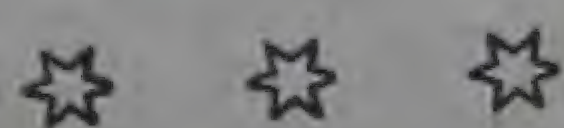
Principle of Uncertainty (۲)



کهکشان عظیم «مراة المسلسله» دستگاه عظیمی است مرکب از ستاره های بیشمار و ساختمانش شبیه به «کهکشان» خود ماست . هرچند نور ضعیف آنرا میتوان ، در حدود صورت فلکی مراة المسلسله ، با چشم و بی دوربین دید فاصله آن از زمین هفتصد هزار سال نوری است . با اینهمه از دنیاهای دیگری که مانند جزیره در اقیانوس بی پایان فضا پراکنده اند ، ما نزدیکتر است . قطر آن شصت هزار سال نوری است ، یعنی برای آنکه نور از يك سر آن به سر دیگر برسد ۶۰۰۰۰ سال وقت لازم است . اگر ناظری از این کهکشان بکهکشان معمولی ما نگاه کند آنرا به همین صورتی خواهد دید . ابریهای کوچکتری که در نزدیکی آن دیده میشوند جزء مجموعه ای از کهکشانها هستند که شامل کهکشان ما و کهکشان مراة المسلسله و کهکشان ماژلانی است .

موهوم او که بوسیلهٔ يك فیزیكدان موهوم بکار میرود قدرت آن داشته باشد که شیئی را صد میلیارد مرتبه بزرگ کند، یعنی يك الکترون را بوسیلهٔ چشم بشر قابل رویت نماید. اما باز اشکال دیگری در کار است و آن اینکه چون الکترون از موج نور کوچکتر است دانشمند مامجبور است برای «روشن کردن» مورد مطالعهٔ تشعشعاتی بکاربرد که طول موج کوتاهتری داشته باشند. حتی اشعهٔ مجهول در این مورد بکار نمیخورند و الکترون رافقط میتواند باتواتر زیاد اشعهٔ گامای رادیوم قابل رویت کرد. اما اثر فتوالکتریک، همچنانکه گفتیم، نشان داده است که فوتونهای نور معمولی اثری شدید بر روی الکترونها دارند و تأثیر شعاعهای مجهول از آن شدیدتر است، پس استفاده از اشعهٔ نیرومند تر گاما نتایجی وحشتناک و دهشتناک ببار خواهد آورد.

پس نتیجهٔ قطعی «اصل عدم یقین» اینست که بطور قطع و مسلم ممکن نیست که وضع و سرعت الکترونی را در زمان واحد معین کردو مثلاً گفت که «اتم در این نقطه است» و با «این سرعت حرکت میکند». زیرا که همین که وضعش را مورد مطالعه قرار دهیم سرعتش تغییر میکند و هرچه سرعتش را دقیقتر معین کنیم وضعش مبهمتر میشود. وقتی که فیزیكدان در اندازه گرفتن سرعت و تعیین وضع الکترونی حدود ریاضی «عدم یقین» را حساب میکند متوجه میشود که این حدود همواره تابع مقدار مرموز عدد ثابت پلانک است.



باین ترتیب فیزیک کوانتومی دوستون علم قدیم، یعنی علیت^(۱)

و لزوم ترتب معلول بر علت ^(۱) ، را واژگون ساخته است . زیرا که سروکار داشتن با آمار و احتمالات دیگر مجالی برای این فکر که جلوه طبیعت يك سلسله تغییر ناپذیر علت و معلول ^(۲) است باقی نگذاشته است . و نیز با قبول حاشیه عدم یقین این امید دیرین هم از میان رفته است که علم ، که بوضع و سرعت هر جسم مادی در جهان آگاه است ، قدرت آن داشته باشد که آینده جهان را پیشگوئی کند . یکی از نتایج این رضا و تسلیم دلیل جدیدی است بر وجود اراده آزاد . زیرا که وقتی حوادث فیزیکی نامعینند و آینده نامعلوم ، شاید قدر مجهولی که « عقل » ^(۳) نامیده شود بتواند در میان عدم یقینها و ابهامهای بیشمار این جهان هوسناك سرنوشت بشر را رهبری و راهنمایی کند . اما این امر فقط در عالم خیال قابل تصور است و فیزیکدان راهم با آن سری و سری نیست . نتیجه دیگری که از جنبه علمی بسیار مهم است اینست که تكامل فیزيك كوانتومی سدی را که بین بشر ، بشری که از خلال دریچه های تیره و تار حواس خود برای درك حقیقت تلاش میکند ، و هر هدفی که ممکن است واقعیتی و حقیقی داشته باشد وجود داشت تقریباً غیر قابل عبور ساخته است . زیرا که هر قدر انسان برای فرورفتن در جهان « حقیقی » و درك حقایق آن تلاش میکند همین تلاش و کیفیت مطالعه و ابصار کار او را زیر و زبر مینماید ، و هر وقت سعی کند که عالم « حقیقی » را از مستدرکات حواس خود مجزا کند برایش چیزی جز يك طرح ریاضی باقی نمی ماند . درست بمثابه کوری است که بخواهد شکل و ساختمان يك دانه برف را بفهمد و بمجرد اینکه دست یازبان خود را بدانه برف نزدیک کند برف

determination (۱)

Cause and effect (۲)

Mind (۳)

آب شود و از میان برود. موج الکترون یا فوتون یا موج احتمال قابل درک نیستند، بلکه فقط علائمی هستند که برای بیان روابط ریاضی عالم صغیر مورد استفاده توانند بود.

اگر از فیزیکدان سؤال شود که چرا فیزیک جدید چنین روشهای غیر روشن و «زبان خواص» را که برای همه قابل فهمیدن نیست بکار میبرد جواب میدهد بدلیل آنکه معادلات فیزیک کوانتومی بهتر از هر وسیله دیگر عوارض و پدیده های اساسی را که خارج از حدود توانائی دید ما هستند توضیح میکنند. خلاصه کلام آنکه این معادلات «کار میکنند» و نتیجه می بخشند و بهترین گواه این گفته محاسباتی است که بساختن بمب اتمی منجر گردید. بنا بر این هدف فیزیکدان عملی اینست که قوای طبیعت را در عبارات منجز و قاطع ریاضی بیان کند. فیزیکدان قرن نوزدهم الکتریسیته را سیال میدانست و با این «تصور مجازی» قواعدی وضع کرد که عصر الکتریکی کنونی ما را بوجود آورد، اما دانشمند قرن بیستم میکوشد که از هر تصور مجازی اجتناب کند. او میداند که الکتریسیته سیال نیست و نباید بمنظور کشفیات جدید مفاهیم صوری «ام-واج» یا «ذرات» را تجلی دقیق حقایق دانست. او میتواند بازبان مجرد ریاضی وضع اشیاء را بیان کند بی آنکه بداند یا احتیاج بدانستن داشته باشد - که ماهیت حقیقی آنها چیست.

اما امروز هم فیزیکدانانی یافته میشوند که میخواهند خلاء بین علم و حقیقت را پر کنند. اینشتاین بارها اظهار امیدواری کرده است که روش آماری فیزیک کوانتومی جزیک وسیله موقتی نباشد. میگوید: «من نمی توانم تصور کنم که خدا جهان را بیازی گرفته باشد». وی از این عقیده که

علم فقط میتواند نتایج مشاهدات را بیان کند و بهم ربط دهد بیزاراست ،
بجهانی همه نظم وهم آهنگی اعتقاد دارد ، و معتقد است که سرانجام
بشر متفرس بدانشی که متضمن حقیقت فیزیکی باشد خواهد رسید . و باین
منظور نظر خود را باتم مقصود نداشته بلکه بستارگان و فضای بیکرانی که
دروراء آنهاست نیز دیده دوخته است.

سیصد سال پیش ، فیلسوف بزرگ انگلیسی ، جان لاک^(۱) در کتاب مهم خود بنام « تحقیق در باره فهم و عقل انسانی »^(۲) چنین نوشت :
 « مهره های شطرنج را که ، بوضعی ، در خانه های نطع قرار دهیم از جای خود حرکت نمیکند ، حتی اگر صفحه شطرنج را ، بی آنکه مهره ها در هم ریزند ، از یک اطاق کشتی باطاق دیگر بریم . . . صفحه شطرنج هم خود در داخل اطاق کشتی تغییر جانمیدهد ، حتی اگر کشتی شب و روز در دریا پیش رود ؛ کشتی نیز ممکن است حرکت نداشته و نسبت بخشگیهای مجاور دروضع ثابتی بماند ، حال آنکه زمین در آسمان پیوسته بدور خود میچرخد و بر اثر این چرخیدن مهره شطرنج و نطع و کشتی ، همه ، نسبت باجرام سماوی دیگر تغییر جامیدهند .

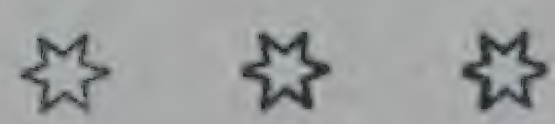
در این تصویر کوچک که از مهره های شطرنج که در عین بیحرکت بودن درحرکتند رسم شده یکی از اصول نسبیت ، یعنی نسبی بودن وضع ، منعکس است . ولی این تصویر فکر دیگری را هم بخاطر میگذراند و آن نسبی بودن حرکت است . هر کس که باقطار راه آهن سفری کرده

John Locke (۱)

On Human Understanding (۲)

باشد نيك ميدانند كه وقتى قطار ديگرى در جهت عكس قطار او حر كت
ميكند باچه سرعتى از يهلوى آن ميگذرد ، و برعكس وقتى كه در همان
جهت سير كند چگونه بيحر كت بنظر ميرسد . اينگونه تصوير دور از
حقيقت در ايستگاههاى بزرگ راه آهن ، كه خطهاى متعدد از پهلوى هم
ميگذرند ، گاهى توليد اشتباه ميكند . گاه بگواه قطارى چنان با آرامى
بحر كت در مى آيد كه مسافر كوچكترين تكانى احساس نميكند و اگر از
پنجره به بيرون نظر افكند و قطار ديگرى را در روى خطى ديگر در حر كت
بيند متحير است كه آيا آن قطار در حر كت است يا قطار خود او ، و اگر
هر دو حر كت ميكند کدام تندتر حر كت دارد و در کدام جهت در حر كت
است . تنهاراه براى اينكه مسافر وضع خود را بدانداين است كه از پنجره
ديگر بقسمتهائى ثابت ايستگاه ، مانند سكوها و پايه هاى چراغ ، نگاه كند .
نيوتن از اين صور ظاهرى حر كت آگاه بود ، اما فقط آنها را در
مورد حر كت كشتى ها بيان كرده است . او ميدانست كه اگر دريا كاملاً
آرام باشد كشتيبان ميتواند حين حر كت كشتى ، با همان آرامشى كه
كشتى در انكر گاه داشته ، سوپ خود را صرف كند ياريش خود را بتراشد
و ، با آنكه كشتى با سرعت ده ، يا سى ، يا پنجاه كيلو متر سينه امواج را
مى شكافد و پيش ميرود ، آب در جام و سوپ در بشقاب او حر كتى آنقدر
شديد ندارد كه لبريز شود . پس تا كشتيبان بخارج كشتى نگاه نكند
ميزان سرعت آنرا در نمى يابد ، بلكه اصلاً متوجه حر كت آن نمى شود .
اما اگر دريا بتلاطم در آيد با سرعت حر كت كشتى ناگهان تغيير كند
وى متوجه حالت حر كت خود خواهد شد . اگر دريائى چنين بى تلاطم
و كشتى اى چنين آرام وجود پيدا كنند هيچيك از اتفاقاتى كه زير عرشه

کشتی روی دهد و هیچیک از مطالعات و تجربیاتی که در دوران آن صورت پذیرد برای تعیین سرعت سیر آن مؤثر و مفید نخواهد بود. نیوتن يك اصل فیزیکی را که از این تتبعات نتیجه گرفت بسال ۱۶۸۷ میلادی بدینصورت بیان کرد: «حرکات اجسامی که در فضای معینی محتوی باشند نسبت بیکدیگر یکی است، خواه آن فضا در حال سکون باشد یا با حرکتی یکنواخت بخط راست پیش رود». این اصل را که به «اصل نسبیت نیوتن یا گالیله» موسوم است میتوان بصورت کلی تری بدینقسم بیان کرد: قوانین مکانیکی که در مکانی معتبر باشند در هر مکان دیگر هم که نسبت باولی حرکتی یکنواخت داشته باشد معتبر هستند.



اهمیت فلسفی این اصل در کلیت و شمول آن است نسبت بجهان. چون هدف علم توضیح و تبیین کل جهانی است که مادر آن زندگی میکنیم با همه اجزاء آن، اعتقاد و اعتماد مرد عالم بهم آهنگی طبیعت اصلی است بسیار مهم. عالم باید معتقد باشد باینکه قوانینی که در زمین بروی ظاهر میشوند در حقیقت در سراسر جهان صادق هستند. پس نیوتن که قانون افتادن سیبی از درخت را در مورد حرکت سیارات بدور خورشید هم اطلاق نمود يك قانون جهانی بیان کرد. و اگر درباره حرکت کشتی در دریا مثالی زد در حقیقت سفینه‌ای که در فکر او وجود داشت کره زمین بود. در تمام موضوعات عادی علمی ما مجاز هستیم که زمین را ساکن فرض کنیم، مثلاً کوهها و درختان و ساختمانها را بیحرکت و جانوران و اتم و میلیها و هواپیماها را متحرك انگاریم. اما برای دانشمندی که با حرکت اجرام آسمانی سروکار دارد زمین نه تنها ساکن نیست بلکه با سرعتی سرسام آور و وضعی که فهمش

بسیار دشوار است در فضای بی انتها بدور خود میچرخد و حرکت میکند . علاوه بر حرکت وضعی خود، که سرعتش افزون از ساعتی ۱۶۰۰ کیلومتر است، و حرکت انتقالیش بدور خورشید، که با سرعت بیش از ۳۲ کیلومتر در ثانیه انجام میشود ، چند حرکت دیگر دارد که ما با آنها کمتر آشنا هستیم . برخلاف آنچه که مردم تصور میکنند ماه بدور زمین نمیگردد بلکه هر يك بدور دیگری گردش میکند یا ، بهتر بگوئیم ، هر دو بدور مرکز - ثقل مشترک دوران میکنند . علاوه تمام منظومه شمسی در داخل دستگاه ستارگان با سرعت ثانیه ای ۲۰ کیلومتر ، و دستگاه ستارگان در درون کهکشان با سرعتی بیشتر از ۳۰۰ کیلومتر در هر ثانیه ، و تمام کهکشان ما نسبت به کهکشان های دورتر با سرعتی متجاوز از ثانیه ای ۱۵۰ کیلومتر ، در حرکت هستند و این حرکات در جهت های مختلف انجام میشوند .

با اینکه در آثرمان نیوتن بهمه غوامض حرکات زمین و قوف نداشت باز در جهان پر کشاکش از مسئله تشخیص حرکت نسبی از حرکت مطلق دوچار زحمت فکری بود . فکر میکرد که « شاید در فواصل دوری که قرارگاه ثوابت است ، و شاید هم خیلی دورتر ، جسمی باشد که کاملاً در حال سکون باشد » اما میدانست که هیچ جرم آسمانی در حدود دید انسان نیست که بتواند چنین فرضی را بثبوت رساند . از طرف دیگر بنظر نیوتن چنین میرسید که باید بتوان فضا را بمنزله دستگاه مقایسه ای بکاربرد و حرکات مطلق ستاره ها و کهکشانها را نسبت بآن تعیین کرد . وی فضا را يك حقیقت فیزیکی ساکن و بیحرکت می پنداشت و چون برای این فرض خود برهان و دلیل علمی نداشت بمیان الهی مشبث میشد و

فضارا دلیل وجود خدا در همه جا میدانست .

در دوسدهای که بعد از نیوتن گذشت چنین بنظر میرسید که حدس وی صائب و فکرش غالب است . زیرا که با قبول و بسط تئوری امواج نور بردانشمندان لازم آمد که بفضای خالی برخی خواص مکانیکی نسبت دهند و درحقیقت آنرا نوعی از ماده بدانند . حتی پیش از زمان نیوتن دکارت ، فیلسوف فرانسوی ، استدلال میکرد که نفس جدا بودن اجرام بوسیله فواصل دلیل آن است که بین آنها ملائی وجود دارد . بردانشمندان قرنهای هیجدهم و نوزدهم مسلم بود که اگر نور از امواج ترکیب شده باشد برای نشر امواج باید ماده ای وجود داشته باشد ، همچنانکه آب وسیله انتقال امواج دریا و هوا وسیله انتشار امواج صوت است . از آن پس وقتی که تجربه نشان داد که نور ممکن است در خلاء انتشار یابد دانشمندان ماده ای فرضی بنام « اثير » تصور کردند که بایستی همه جا و در هر فضا و ملائی پراکنده باشد . بعد از آنهم فاراده اثیری از نوع دیگر موجود دانست که برای انتقال نیروهای الکتریکی و مغناطیسی بکار رود . بالاخره وقتی که ماکس ول نور را هم نوعی از آثار برق و مغناطیسی (الکتر و مانیه تیک) شناسانید وجود اثير قطعی و مسلم بنظر رسید .



نتیجه غائی فیزیک نیوتنی جهانی بود پر از يك ملاء نامرئی که در آن ستارگان بسیر و گشت خود ادامه میدادند و نور در آن بوسیله ارتعاش بسیر میکرد . این جهان يك نمونه مکانیکی برای همه نمودهای (۱) طبیعت فراهم آورد و دستگاه مقایسه ، یعنی فضای مطلق و بیحرکتی را که لازمه جهان شناسی (۲) نیوتنی بود بدست داد . اما باز درباره اثیر مسائل حل

نشده ای باقی بود که ساده تر از همه ثابت نشدن وجود بالفعل آن بود.

بسال ۱۸۸۱ دودانشمند امریکائی بنام مایکلسن (۱) و مورلی (۲)

در کلیولند (۳) دست با آزمایش دقیقی زدند تا مسئله وجود یا عدم چیزی بنام اثیر را بطور قطع حل کنند.

اصلی که مبنای آزمایش آنان بود بسیار ساده بود. میگفتند اگر

سراسر فضای بی انتهای ادریای بیحرکت اثیر فرا گرفته باشد میتوان با همان

روشی که سرعت سیر کشتی را در آب معین میکنند بکشف و اندازه

گرفتن سرعت حرکت زمین در میان دریای اثیر پرداخت. همچنان که

نیوتن گفته بود، محال است بوسیله هر گونه تجربه ای که در دروی کشتی

انجام شود بتوان بحرکت آن در میان آبهای آرام پی برد. ملوانان برای

تعیین سرعت سیر کشتی تیر چوبینی را که قرقه ای بآن نصب است ورشته

مدرجی بدور قرقه پیچیده شده است پهلوی کشتی بدریا می افکنند و باز

شدن رشته مدرج را زیر نظر دقت میگیرند. پس مایکلسن و مورلی هم

برای کشف و اندازه گرفتن سرعت زمین « تیری » در پهلوی آن بخارج

افکندند و این « تیر » يك شعاع نور بود. زیرا که اگر نور بر استی در اثیر

انتشار یابد سرعت جریانی که بر اثر حرکت زمین در اثیر تولید میشود

در سرعت آن مؤثر خواهد افتاد. روشنتر بگویم، شعاع نوری که در

امتداد حرکت زمین تابانده شود مانند شناگری که در جهت مخالف

جریان آب شنا کند، در نتیجه جریان اثیر اندکی دوچار تأخیر خواهد

(۱) Albert Abraham Michelson فیزیک دان آلمانی که به تبعیت

امریکا درآمد (۱۸۵۲ - ۱۹۳۱).

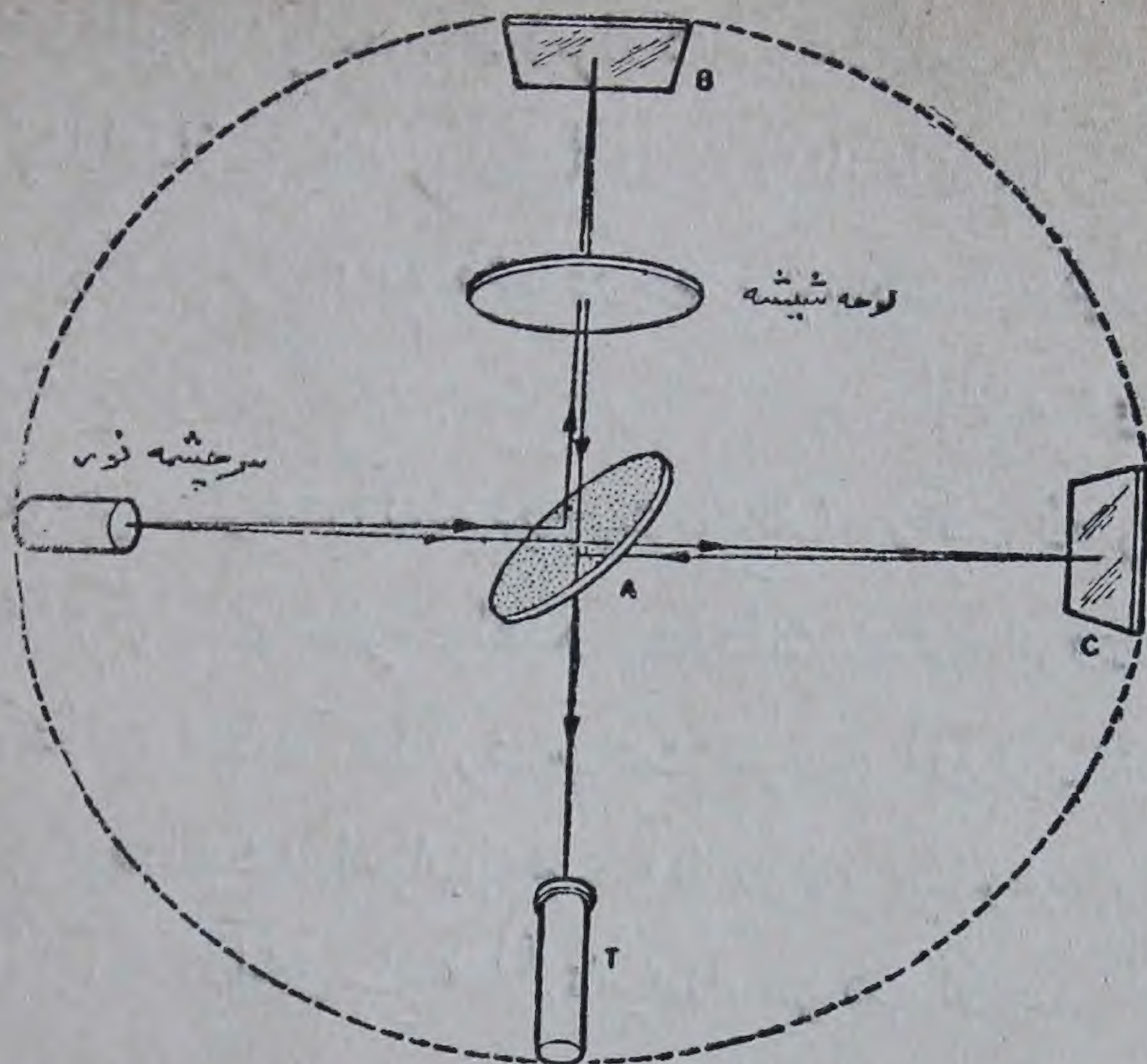
(۲) E. W. Morley

(۳) Cleveland

شد. اختلاف ناچیز خواهد بود زیرا که سرعت نور (که در ۱۸۴۹ مقدارش را دقیقاً اندازه گرفته بودند) در حدود ثانیه‌ای ۳۹۹۶۹۸ کیلو - متر و سرعت سیر زمین بر روی مدارش در حدود ثانیه‌ای ۳۲ کیلو متر است ، پس سرعت شعاع نوری که در جهت حرکت زمین تابانده شود ثانیه‌ای ۳۹۹۶۶۶ کیلو متر و سرعت آنکه در جهت مخالف حرکت زمین سیر نماید ثانیه‌ای ۳۹۹۷۳۰ کیلو متر بنظر خواهد رسید و دانشمندان مابین این مبانی اسبابی چنان دقیق ساختند که اگر در سرعت سرسام آور نور تغییری کمتر از يك کیلو متر پیدا میشد اسباب به ثبت آن موفق میگردید. این اسباب که خودشان آنرا « تداخل سنج »^(۱) نامیدند مرکب از چند آینه بود که میتوانستند شعاع نوری را بدو جزء تقسیم کنند و در دو امتداد مختلف بتابانند. تمام کار با چنان زحمت و دقتی انجام شد که در نتیجه‌ای که از آن عاید میشد تردید جایز نبود. نتیجه‌ای که عاید شد فقط این بود : نور در هر جهت که سیر میکرد در سرعت آن تفاوتی مشهود نبود.

تجربه‌ی هایکلسن - مورلی دانشمندان را بر سردوراهی عجیبی قرار داد : یابایستی از نظریه‌ی اثیر ، که آنقدر مسائل و مشکلات را در مورد برق و مغناطیس و نور حل کرده بود ، صرف نظر کنند و یا ، اگر دل بر کندن از آن میسر نباشد ، از تئوری معتبرتر کوپرنیک ، که مبتنی بر حرکت زمین بود ، چشم بپوشند .

برای بسیاری از فیزیک دانان انکار حرکت زمین آسان تر بود تا قبول این امر که امواج برق و نور و مغناطیس وجود داشته باشند اما ملایمی برای انتشار آنها نباشد. معمای شگفتی بود که يك ربع قرن افکار



تداخل سنج مایکلسن مورلی دستگاهی بود مرکب از آینه‌هایی که چنان قرار داده شده بودند که پرتوی را که از يك منبع نور (طرف چپ) خارج میشد بدو قسمت میکردند و در آن واحد در دو امتداد میفرستادند. این عمل بوسیله آینه A انجام میشد که بمقدار خیلی نازکی جیوه کاری شده بود بقسمی که قسمتی از پرتو نور از آن میگذشت و به آینه C، که با A و منبع نور در يك امتداد بود، میرسید و قسمت دیگر بزائوه قائمه منعکس میشد و به آینه B، واصل میگردد. آینه‌های C و B نوری را که دریافت میکردند منعکس ساخته بطرف A پس میفرستادند و شعاعهای منعکس شده در A بیکدیگر ملحق گردیده بطرف دوربین T فرستاده میشدند. چون شعاع ACT ناچار بود سه بار از ضخامت شیشه آینه A بگذرد و شعاع ABT یکبار بیشتر از آن نمیگذشت، برای جبران تاخیری که باین ترتیب در سیر شعاع اولی روی میداد يك صفحه شیشه‌ای بضامت آینه بر سر راه شعاع دوم قرار داده بودند تا شعاع ABT دوبار از آن بگذرد. تمام دستگاه را ممکن بود در هر جهت دوران داد بقسمتی که ارسال شعاع - های نور ABT و ACT، هم در جهات موافق و مخالف جریان اثير مفروض و هم در امتداد - های عمود بر آن جهات میسر باشد. در نظر اول چنین مینمود که سیر در جهت موافق جریان، مثلاً از B به A، بایستی تاخیری را که در نتیجه سیر در جهت مخالف، مثلاً از A به B، روی میدهد جبران کند. اما چنین نیست. زمان لازم برای اینکه قایقی را يك کیلومتر

درجهت مخالف سیررودخانه و يك كيلومتر درجهت سیر آب برانیم بیشتر است از زمان لازم برای راندن قایق در دو كيلومتر آب ساکن یا دو كيلومتر عمود بر امتداد حرکت آب ، حتی با در نظر گرفتن تاخیری که در نتیجه فشار آب پهلوی قایق روی میدهد . دور بین T میتواند هر گونه تاخیر یا تسریعی را که در سیر نور بوسیله جریان اثیر روی دهد ضبط و ثبت نماید .

دانشمندان را متشقت کرده بود . چه بسیار فرضها که عرضه گشت و مردود شد ! تجربه را بار دیگر مورلی و دیگران تجدید کردند و بهمان نتیجه رسیدند : سرعت ظاهری زمین در اثير صفر بود .

در میان کسانی که بامعمای مایکلسن - مورلی سرگرم بودند جوانی
 بنام آلبرت اینشتاین بود که در اداره امتیازات در برن کار میکرد. وی بسال
 ۱۹۰۵، در سن بیست و شش سالگی، سند مختصری منتشر کرد و بمعما
 جوابی گفت که افق تازه‌ای در افکار فیزیکی باز کرد. اینشتاین نظریهٔ اثیر را
 طرد کرد و با آن بدور این فکر خط بطلان کشید که فضائی مطلقاً در حال
 سکون وجود داشته باشد و بمنزلهٔ دستگاه مقایسه‌ای بکار رود که بكمك
 آن بتوان حرکت مطلق را از حرکت نسبی باز شناخت. حقیقت انکار -
 ناپذیری که از آزمایش مایکلسن - مورلی نتیجه شده بود این بود که
 حرکت زمین مطلقاً در سرعت نور تأثیری ندارد. اینشتاین این نتیجه را
 بمنزلهٔ يك قانون کلی جهانی گرفت و بآن اعتقاد راسخ یافت و گفت که
 اگر سرعت نور نسبت به حرکت زمین ثابت باشد نسبت به حرکت هر خورشید
 و ماه و ستاره و هر جرم فلکی و هر دستگاهی که در هر نقطهٔ جهان در حرکت
 باشد نیز باید ثابت باشد. دانشمند بزرگ از این امر نتیجهٔ کلی تری گرفت
 و آن اینکه همهٔ قوانین طبیعت برای همهٔ دستگاههایی که حرکت یکنواخت
 داشته باشند یکسان هستند. این عبارت ساده در حقیقت روح و جوهر نظریهٔ
 خاص نسبیت اینشتاین است و شامل اصل نسبیت گالیله، که قوانین مکانیکی

را برای همه دستگاہهایی که حرکت یکنواخت داشته باشند یکسان میدانست ، نیز هست اما بیان آن جامعتر است زیرا که اینشتاین تنها فکر قوانین مکانیکی نبود بلکه نظر بقوانینی که بر پدیده های نور و برق و مغناطیس حاکم بودند نیز داشت . پس همه آنها را بیکدیگر پیوند داد و بصورت يك اصل موضوع اساسی در آورد : همه پدیده های طبیعت و تمام قوانین آن برای تمام دستگاہهایی که نسبت بیکدیگر حرکت یکنواخت دارند یکسان است .

در ظاهر این گفته هیچ چیز که موجب حیرت یادهشت گردد دیده نمی شود ، بلکه تکرار و تایید اعتقاد دانشمندان سلف است بهم - آهنگی و کلی بودن قانون طبیعت . و نیز دانشمندان را بر حذر میدارد از اینکه در جهان يك دستگاہ و مبدا ثابت نظر داشته باشد . جهان جای آسایش و سکونت نیست : ستاره ها ، سیحاییها ، کهکشانها و همه دستگاہهای وسیع و عظیمی که تابع قانون جاذبه اند پیوسته در حرکتند . اما حرکت هر يك از آنها را فقط نسبت بدیگری میتوان تعیین و تمیین کرد و گر نه در فضای لایتناهی امتداد و مرزی نیست . بعلاوه برای مرد عالم این فکری معنی است که سرعت نور را واحد قرار دهد و بکوشد که سرعت « حقیقی » یکی از دستگاہهای سماوی را معین کند و بدست آورد ، زیرا که سرعت نور در سراسر جهان ثابت و حرکت منبع نور یا جسمی که نور را میگیرد در آن بی تأثیر است . طبیعت مبانی مطلق برای مقایسه بدست نمیدهد و همچنانکه لایب نیتز ، ریاضی دان دیگر بزرگ آلمانی ، در دو قرن پیش از اینشتاین متوجه گردیده و گفته بود : « فضا فقط عبارت است از نظم یا رابطه اشياء بین خود آنها » . اگر چیزی نبود فضایی نبود .

اینشتاین بموازات انکار فضای مطلق اعتبار مفهوم زمان مطلق را هم نفی کرد، یعنی زمانی استوار و تغییرناپذیر و غیر قابل تردید را که مانند جریان ناگسستنی گذشته بی نهایت دور را بآینده بی نهایت دور پیوند دهد و مربوط سازد غیر ممکن دانست. بیشتر پیچیدگی و اشکالی که در نظریه نسبیت است نتیجه اگراهی است که انسان در قبول این امر دارد که زمان را هم، مانند رنگ، نوعی ادراک بداند. درست همانطور که اگر چشمی نباشد تارنگی را دریابد رنگ وجود خارجی ندارد، اگر حادثه ای نباشد تا زمان را متمایز سازد لحظه ای، وساعتی، و روزی وجود نخواهد داشت. و درست بهمان سادگی که فضا عبارت است از نظامی که ممکن است در اشیاء مادی وجود داشته باشد زمان هم عبارت است از نظامی که ممکن است در حوادث موجود باشد. برای اینکه بهتر به «درون ذاتی» و «ذهنی» بودن زمان پی ببریم بهتر است بگفته خود اینشتاین مراجعه کنیم، آنجا که میفرماید: «تجربیات هر فرد در نظر ما بصورت یک سلسله وقایع ظاهر میگردد. در این سلسله ممکن است نظم واقعه ای را نسبت بوقایع دیگر بامعیار «زودتر» یا «دیرتر» بسنجیم؛ پس برای هر فرد یک «زمان من» یا زمان ذهنی وجود دارد. این زمان بخودی خود قابل اندازه گرفتن نیست. در حقیقت من میتوانم اعداد را با وقایع ارتباط دهم بقسمی که عدد مربوط بواقعه «دیرتر» بزرگتر از عدد مربوط بواقعه «زودتر» باشد. آنگاه میتوانم این ارتباط را بوسیله ساعت بیان کنم باین نحو که ترتیب وقایع را بقسمی که ساعت نشان میدهد با ترتیبی که از تسلسل وقایع نتیجه میشود بسنجم. ساعت را در حقیقت چیزی میتوان انگاشت که یک سلسله وقایعی را فراهم میسازد که میتوان آنهارا شمرد.»

وقتی که آزمایشهای خود را با ساعت یا تقویم تطبیق کنیم برای زمان يك مفهوم «برون ذاتی» و «عینی» (۱) قابل شده ایم. با وجود این فواصل زمانی که بوسیله ساعت یا تقویم معین میشوند بهیچ روی مقادیر قاطع و مطلق نیستند که بوسیله مشیت الهی بر جهان تحمیل شده باشند. تمام ساعت‌هایی که بشر تا کنون بکار برده است و بکار میبرد به پیروی از منظومه شمسی ما ساخته شده و تنظیم گردیده اند. آنچه را ما «ساعت»، بمعنی واحد زمان، مینامیم در حقیقت اندازه ایست در فضا، یعنی قوس ۱۵ درجه - ایست در حرکت ظاهری یومی کره سماوی. و آنچه را «سال» مینامیم در واقع اندازه پیشرفتی است که زمین در روی مدار خود بدور خورشید کرده است. اگر کسی در کره مریخ ساکن باشد از زمان مفهوم کاملاً متفاوتی خواهد داشت، زیرا که مریخ در ۸۸ روز از روزهای ما بدور خورشید میگردود و درست در همان مدت يك دور حول محور خود دوران میکند. پس در کره مریخ مفاهیم يك روز و يك سال یکی است. اما وقتی علم بفواصل دورتر از حدود خورشید عطف توجه کند آنچه که ما بر روی زمین از زمان میفهمیم معنی خود را از دست میدهد. زیرا که از نسبیت چنین بر می آید که چیز ثابتی بنام فاصله زمانی، که از دستگاهی که بآن وابستگی دارد مستقل باشد، وجود ندارد. در واقع نه چیزی بنام «همزمانی» (۲) وجود دارد و نه چیزی بنام «الان» که بدستگاه مقایسه‌ای مربوط نباشد. مثلاً ممکن است يك نفر از لندن بدوست خود در تهران تلفن کند. با اینکه در لندن ساعت هشت و نیم بعد از ظهر و در تهران نصف شب است میگوئیم

Objectivity (۱)

Simultaneity (۲)

آن دو نفر « در يك زمان » بایکدیگر صحبت میکنند . اما این هر دو در روی يك ستاره زندگی میکنند و ساعت‌های هر دو از روی يك دستگاه نجومی میزان شده است . وضع بسیار بغرنج تر و فهم آن دشوار تر میشود اگر بر فرض کوشش کنیم که بدانیم درست « الان » در ستاره سماك رامج^(۱) چه میگذرد . فاصله این ستاره از ماسی و هشت سال نوری است . سال نوری بمسافتی اطلاق میشود که نور در يك سال طی میکند و مقدار آن تقریباً نه تریلیون و ششصد میلیارد (۹۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰) کیلو متر است . اگر ما میتوانستیم بوسیله رادیو با ستاره سماك رامج ارتباط پیدا کنیم پیامی که « حالا » بآنجا بفرستیم ۳۸ سال دیگر بآنجا خواهد رسید و ۳۸ سال دیگر هم لازم است تا جواب آن بمانبرسد^(۲) . یا اگر « حالا » (در سال ۱۳۳۴) بآن ستاره نگاه میکنیم و آنرا می بینیم در واقع به شبخ آن و به تصویری از آن نگاه میکنیم که بوسیله شعاع‌هایی که در سال ۱۲۹۶ از آن خارج شده اند در چشم ما تشکیل میگردد . اگر بخواهیم بدانیم « حالا » این ستاره وجود دارد یا ندارد قبل ارسال ۱۳۷۲ از دانستن آن محروم و ممنوع خواهیم بود



با این همه اندیشه ها باز برای آدم خاکی قبول این مطلب دشوار است که هم این لحظه ، که وی آنرا « الان » مینامد نمی تواند در سراسر جهان صادق و قابل قبول باشد . حال آنکه اینشتاین در نظریه خاص نسبیت خود

(۱) سماك رامج arcturus ستاره قدر اولی است در صورت شمالی هوا

(۲) سرعت امواج رادیو با سرعت نور مساوی است .

بايك سلسله مثالها و قیاسهای غیر قابل تردید ثابت میکند که تصور حوادثی که در يك آن در دستگاههایی که بهم وابسته نیستند روی دهند از عقل دور است. دلایلی که وی اقامه میکند بدین مضمون است :

در آغاز کار باید متوجه بود که دانشمندی که وظیفه اش تبیین وقایع فیزیکی با عبارتهای عینی و برون ذاتی است نمیتواند اصطلاحات ذهنی مانند «این» و «اینجا» و «حالا» را بکاربرد. در نظری مفاهیم فضا و زمان وقتی معنی فیزیکی پیدا میکنند که روابط بین حوادث و دستگاههای بیان شده باشد. برای او، که با موادی سروکار دارد که اقسام بسیار بفرنج حرکت (مانند جراثقال سماوی و الکترو دنیا میک و نظائر آنها) را دارا هستند، پیوسته لازم است که مقادیری را که در يك دستگاه اندازه می گیرد با آنچه که از دستگاه دیگر حاصل میشود مربوط سازد. قوانین ریاضی که این روابط را بیان میکنند به «قوانین تبدیل»^(۱) معروفند. ساده ترین تبدیل را ممکن است در مثال مردی که بر روی عرشه کشتی حرکت میکند مجسم ساخت. اگر وی بطرف جلو کشتی با سرعت ساعتی سه کیلومتر حرکت کند و سرعت سیر کشتی هم ساعتی ۱۲ کیلومتر باشد سرعت آن مرد نسبت بدریا ۱۵ کیلومتر است؛ اما اگر بطرف عقب کشتی حرکت نماید سرعتش نسبت بدریا ۹ کیلومتر است. مثال دیگر از زنگی است که در محل دوراهی راه آهن مشغول زدن است. صدای زنگ با سرعت ۳۲۰ متر در ثانیه در اطراف پراکنده میشود. اگر قطاری با سرعت ۳۲ متر در ثانیه در روی خط سیر کند مادام که بدوراهی نزدیک میشود سرعت صدای زنگ نسبت بآن ثانیه ای ۳۵۲ متر است و وقتی که از دوراهی رد شود و

رفته رفته دورتر گردد آن سرعت ۲۸۸ متر در ثانیه خواهد بود. این جمع و تفریق سرعتها بسیار ساده و مبتنی بر عقل سلیم است و از زمان گالیله در مسائلی که موضوعشان ترکیب حرکات است بکار میرفته است. اما وقتی سخن از نور بمیان آید اشکالات بسیار جدی ظاهر میشود.

اینشتاین این اشکالات را در اولین سندی که درباره نسبیت منتشر ساخت بوسیله مثال دیگری درباره راه آهن مجسم نمود. باز هم صحبت از یک دوراهی راه آهن است، ولی این دفعه چراغی در آنجا است که نور را در امتداد خط میفرستد. سرعت نور ثانیه ای ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر، یعنی همان مقداری است که دقیقاً اندازه گرفته شده است و به c نموده میشود؛ قطاری با سرعت v بطرف چراغ پیش می آید. مطابق قاعده جمع و تفریق سرعتها سرعت نور نسبت به قطار وقتی که قطار بطرف چراغ می آید $c+v$ و وقتی که از چراغ دور میشود $c-v$ خواهد بود. اما این امر با نتیجه ای که از آزمایش مایکلسن - مورلی حاصل شده و نشان داده بود که نه حرکت منبع نور در سرعت سیر نور تأثیر دارد و نه حرکت جسمی که نور میگیرد، سازگار نیست. این حقیقت شگفت از مطالعه ستارگان مضاعف که در حول مرکز ثقل مشترکی گردش میکنند نیز بدست آمده است. تحقیق دقیق حرکت این دستگاهها نشان داده است که در هر جفت ستارگان مضاعف نور ستاره ای که بما نزدیک میشود بانور ستاره ای که در حال دور شدن است بایک سرعت بزمین میرسند. چون سرعت نور یک عدد ثابت جهانی است در مسئله راه آهن اینشتاین سرعت قطار نمیتواند در آن تأثیری داشته باشد. حتی اگر فرض کنیم که قطار با سرعت شانزده هزار کیلومتر در ثانیه بچراغ نزدیک، یا از آن دور، شود سرعت نور برای ناظری که با

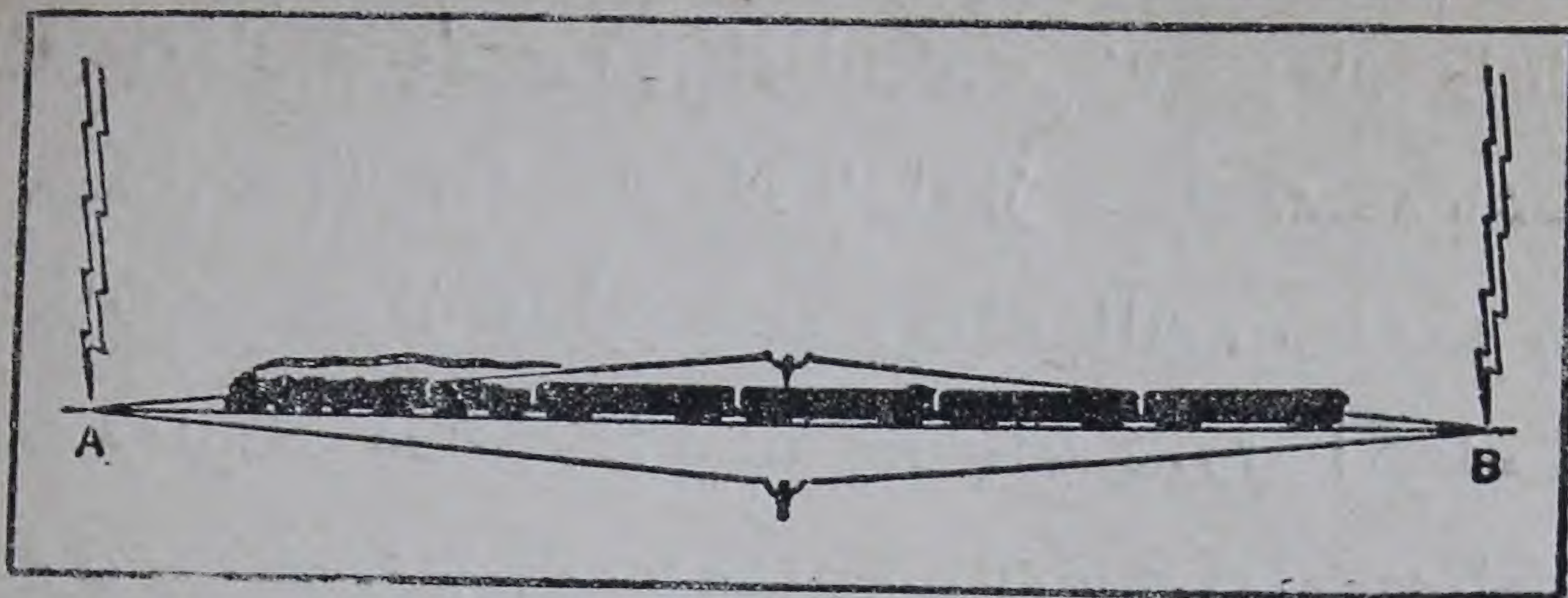
قطار در حرکت است درست ثانیه ای همان ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر خواهد بود، نه بیشتر و نه کمتر.

این تناقض در واقع یکی از معماهای شگرف طبیعت است. اینشتاین دریافت که این تناقض نتیجه اعتقاد او بدو اصل متفاوت بود: یکی ثابت بودن سرعت نور و دومی اصل جمع و تفریق سرعتها. هر چند اصل جمع سرعتها مبتنی بر منطق ریاضی «دو دو تا چهارتا» است اینشتاین اصل ثابت بودن سرعت نور را یکی از قوانین اساسی طبیعت شناخت. پس نتیجه گرفت که باید قاعده جدیدی برای تبدیل بتوان یافت که دانشمندان قادر سازد که روابط بین دستگاههای متحرك را طوری بیان کند که نتایجش با حقایقی که درباره توریان شده است سازگار باشد.



اینشتاین آنچه را میخواست در يك رشته معادلاتی که يك فیزیکدان بزرگ هلندی بنام لورنتس^(۱) برای نظریه خاص خود تنظیم کرده بود یافت. هر چند موارد استعمال اصلی این معادلات اکنون فقط از جنبه تاریخی اهمیت دارد ولی تبدیل لورنتس جزئی است از قالب ریاضی نسبیت. اما برای اینکه مقصود آن را بخوبی دریابیم لازم است نقصها و نقطه های ضعفی را که در نظریه قدیمی جمع و تفریق سرعتها وجود دارد بدانیم. این نقصها را اینشتاین در تالو مثال دیگری که درباره راه آهن زده بیان کرده است. باز دانشمندان ما خط آهن مستقیمی را در نظر گرفت و فرض کرد که ناظری روی سکوی کنار خط نشسته باشد. رعد میغرد و دو برق در آن واحد در دو نقطه متفاوت A و B برآه آهن اصابت میکند. اینشتاین می پرسد که مقصود

ما از «همزمانی» چیست؟ و برای اینکه تعریف همزمانی را تثبیت کند فرض میکند که ناظری درست بیک فاصله از A و B نشسته باشد و مجهز بدستگاهی مرکب از چند آینه باشد و بتواند با آن، بی آنکه چشمها را حرکت دهد، هر دو نقطه را ببیند. در چنین صورتی اگر انعکاس نور هر دو برق بیکبار در دستگاه دیده شود میتواند گفت که آن دو با هم همزمان هستند. قطاری با سرعت پیش میآید و ناظر دیگری بادستگاهی همانند دستگاه ناظر اولی بر فرازیکی از اطاقهای قطار نشسته است. بر حسب اتفاق در لحظه ای که برق در A و B اصابت میکند ناظر دومی درست مقابل ناظر اولی است. سؤالی که میشود اینست: آیا دو برق برای ناظر دومی هم همزمان خواهند بود؟ و جواب اینست: نه، همزمان نخواهند بود. بدلیل آنکه اگر قطار از نقطه اصابت برق به B دور و بنقطه A نزدیک شود واضح است که B ، بفاصله زمانی مساوی کسری از ثانیه، بعد از A در آینه منعکس خواهد شد. برای اینکه هیچ جای ابهام باقی نماند، بطور موقت فرض میکنیم که قطار با سرعت غیر ممکن الحصول ۳۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه، یعنی با سرعت نور، طی مسافت کند. در این صورت برقی که در B میزند چون دارای همان سرعت برق A است هیچگاه در آینه منعکس نمی شود، بدلیل اینکه هیچوقت بقطار نمیرسد. پس ناظری که بر بالای قطار است چنین میبیند که فقط یک برق برآه آن اصابت میکند. بنابراین سرعت قطار هر قدر فرض شود بنظر ناظر متحرک چنین میرسد که برق در نقطه ای که روبروی او است زودتر برآه آن اصابت میکند تا در نقطه دیگر. پس دو برق که بنظر ناظر ثابت همزمان بودند در نظر ناظر متحرک چنین نخواهند بود.



تناقض مسئله نور برق یکی از دقیقترین و دشوارترین مفاهیم فلسفه
اینشتاین، یعنی «نسبی بودن همزمانی»، را مجسم میسازد و نشان میدهد که
انسان نمیتواند فرض کند که «الان»، که در ذهن اوست، به همه قسمتهای جهان
قابل اطلاق باشد. زیرا که بعقیده اینشتاین، هر چیز که مبدأ مقایسه باشد،
یا هر دستگاه مختصات، زمانی خاص خود دارد؛ تانگوئیم و ندانیم که زمان
مربوط بکدام دستگاه است تعیین زمان برای واقعه ای معنی نخواهد داشت.
خطای اصل قدیمی جمع و تفریق سرعتها در این فرض مقدر است
که طول زمان واقعه ای بستگی بنحوه حرکت دستگاه مقایسه ندارد.
مثلا در مورد مردی که بر روی عرشه کشتی قدم میزند فرض چنین بود که
اگر سرعت وی، که با ساعتی که در خود کشتی است اندازه گرفته شود ساعتی
سه کیلومتر باشد سرعتش با هر ساعت دیگری هم که در یک نقطه غیر مشخص
دریا در حال سکون قرار داشته باشد اندازه گرفته شود همان سه کیلومتر
در ساعت خواهد بود. بعلاوه فرض چنین بود که مسافتی که وی در یک
ساعت می پیماید خواه نسبت بساعتی که بر روی عرشه کشتی است، یعنی
دستگاه متحرک، اندازه گرفته شود و خواه نسبت بساعتی که بیحرکت
در نقطه ای از دریا قرار داشته باشد (دستگاه ساکن)، نتیجه یکی خواهد
بود. این هم خطای دیگری در جمع سرعتها بود، زیرا که مسافت هم
مانند زمان، مفهومی نسبی است و مسافتی که بستگی بحالت حرکت

دستگاه مقایسه نداشته باشد وجود ندارد.

بنابر این اینشتاین مؤکداً اظهار داشت که دانشمندی که بخواهد نمودهای طبیعت را با عباراتی که در سراسر جهان و در همه دستگاهها صادق باشند تبیین کند باید اندازه‌های زمان و فضا را مقادیری تغییر پذیر انگارد. معادلاتی که شامل تبدیل لورنتس هستند چنین هستند. در این معادلات سرعت نور یک عدد ثابت جهانی است اما اندازه زمان و فضا به تناسب سرعت هر دستگاه مقایسه تغییر میکند. (۱)

باین ترتیب بالاینکه لورنتس معادلات خود را برای مواجهه با مسئله خاصی تنظیم کرده بود اینشتاین آنها را مبنای یک قانون عمومی شگرف قرار داد و به بنای عظیم نسبیت اصل موضوع دیگری افزود، بدین قرار: وقتی که قوانین طبیعت بوسیله تبدیل لورنتس بیان شوند برای همه دستگاهها یکسان و یکنواخت خواهند بود.

(۱) تبدیل لورنتس فضاها و زمانهایی را که در دستگاههای متحرک و دستگاههای ساکن مشاهده میشوند نسبت به یکدیگر می‌سنجد. مثلاً فرض کنیم که دستگاه مقایسه ای در امتداد معینی در حرکت باشد؛ در این صورت بر حسب اصل قدیمی جمع سرعتها رابطه بین x مسافتی با طولی که نسبت بدستگاهی که در امتداد حرکت تغییر مکان میدهد اندازه گرفته شود، و x' ، همان مسافت وقتی که نسبت بدستگاهی که نسبت بدستگاه قبلی در حال سکون باشد تعیین گردد، با فرمول $x' = x + vt$ بیان میشود؛ در این فرمول v سرعت دستگاه متحرک و t زمان است. y' و z' مختصات دیگری که در دستگاه متحرک بر روی محورهای عمود بر یکدیگر و عمود بر امتداد x' اندازه گرفته میشوند و y و z همان مختصات در دستگاه ثابت با فرمولهای $y' = y$ و $z' = z$ یکدیگر مربوط هستند. همچنین بین t و t' زمانهایی که بترتیب نسبت بدستگاههای متحرک و ثابت اندازه گرفته شده رابطه $t' = t$ برقرار است. عبارت دیگر در فیزیک سرعت دستگاه کلاسیک مورد بحث در مسافات وازمنه تأثیری ندارد اما همین فرض است که در مورد مثال روشنائی برق تناقض بوجود میآورد. قانون تبدیل لورنتس زمان و فضا را در دستگاههای متحرک و دستگاهی که نسبت

(بقیه در صفحه بعد)

وقتی که این قانون باچنین عبارت مجرد ریاضی بیان شود مردم عادی خیلی بسختی معنی آن را درك میکنند. اما در فیزیک يك معادله همیشه عبارت از بیان يك مطلب مجرد نیست بلکه عبارت کوتاه و مختصریست که مرد دانشمند آن را برای تبیین نمود های طبیعت مناسب میداند. گاهی هم مفتاحی است^(۱) که بكمك آن عالم فیزیک دان بقلمروهای نهفته علم راه می-یابد و دسترسی پیدا میکند؛ همچنانکه اینشتاین از آنچه در فرمولهای لورنتس نهفته بود بکشف مقداری حقایق تازه علمی در جهان فیزیک موفق گردید.

(بقیه از صفحه قبل)

بناظر ثابت در نظر گرفته شده باشد با یکدیگر سنجیده و معادلات ذیل را ، که جانشین فرمولهای قدیمی و نارسائی که قدری جلوتر بیان کردیم شده اند ، بوجود آورده است :

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y \quad z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

در این فرمولها C عبارت است از سرعت نور که عددی است ثابت .

قابل توجه است که در این فرمولها مختصات z' و y' ، همچنانکه در فرمولهای پیشین دیده شده بود ، تغییر نکرده اند . همچنین باید توجه داشت که اگر v ، سرعت دستگاه متحرك ، نسبت به C ، سرعت نور ، ناچیز باشد معادلات لورنتس بمعادلات کلاسیك سابق که تابع قانون قدیمی جمع سرعتها بودند ، تبدیل میگردد ، اما اگر سرعت v به C نزدیک شود در مقادیر x و t تغییر فاحش حاصل میگردد .

(۱) در اصل کتاب برای کلمه « مفتاح » Rosetta Stone بکار رفته است . روزناستون سنگ نوشته ای بود که در حفاریات آثار باستانی مصری کشف شد و بر روی آن مطالبی بدو خط یونانی و مصری (هیه رو کلیف) نوشته شده بود و شامپولئون ، دانشمند مستشرق فرانسوی با استفاده از آن بخواندن خط مصری موفق گردید .

این حقایق را میتوان با عباراتی کاملاً تحقیقی بیان کرد. زیرا که بمجرد اینکه اینشتاین مبانی فلسفی و ریاضی نسبیت را اظهار داشت مجبور شد آن مبانی را در آزمایشگاه، یعنی جائیکه مجرداتی مانند زمان و فضا را با وسایلی مانند ساعت و اسبابهای اندازه گیری طول تحت انقیاد درمی آورند، مورد مطالعه و تدقیق قرار دهد. و چون باین ترتیب ناچار شد افکار اساسی خویش را درباره زمان و فضا بازبان آزمایشگاه بیان کند برخی خواص ساعت و اسبابهای اندازه گیری را ظاهر ساخت که تا آنوقت کوچکترین تصویری از آنها در مخیله ها راه نیافته بود. مثلاً: ساعتی که بیک دستگاه متحرك مربوط باشد از يك ساعت بیحرکت تندتر یا کندتر کار میکند و درازای هر وسیله اندازه گیری طول که بیک دستگاه متحرك متصل باشد بر حسب سرعت حرکت دستگاه تغییر می پذیرد. اگر اندکی دقیقتر بگوئیم هرچه سرعت حرکت ساعت بیشتر شود کار آن کندتر میگردد و طول میله اندازه گیری در جهت حرکت نقصان می یابد. این تغییرات عجیب بهیچ روی با ساختمان ساعت یا جنس میله بستگی ندارند؛ ساعت خواه آونگی دیواری باشد یا فنری یا نوع دیگر، و اسباب اندازه گرفتن

طول خواه چوبی باشد یا فلزی یا يك كابل ده کیلومتر، تفاوتی حاصل نمی شود. کند شدن ساعت یا کوتاه شده میله يك امر مکانیکی نیست و ناظری که به همراه ساعت یا میله حرکت کند متوجه تغییر آنها نخواهد شد. اما يك ناظر بیحرکت، یعنی ناظری که نسبت بدستگاه متحرك بیحرکت باشد، متوجه خواهد گردید که ساعت متحرك نسبت بساعت بیحرکت او کندتر شده و طول میله متحرك نسبت بمیله بیحرکتی که نزد وی است نقصان یافته است.

این طرز عمل ساعتها و میله های متحرك بحساب سرعت ثابت نور گذاشته میشود و روشن میسازد که چرا هر ناظری در هر دستگاهی که باشد، صرف نظر از حالت حرکتش، همیشه می بیند که نور همواره دقیقاً با سرعت ثابتی بوسایلی که در دسترس او است میرسد یا از آنها جدا میگردد. سبب آن است که هر چه سرعت ناظر ب سرعت نور نزدیکتر شود ساعت او کندتر و واحد طول او کوتاه تر از ساعت و واحد طولی میشود که نزد ناظری بیحرکت باشند. قوانینی که بر این تغییرات حکومت میکنند بوسیله دستور تبدیل لورنتس بیان میشوند و خیلی ساده اند: هر چه سرعت حرکت دستگاه زیادتر شود کندی ساعت و نقصان طول میله بیشتر میگردد. میله ای که سرعت حرکتش نود درصد سرعت نور باشد تقریباً نصف طول خود را ازدست میدهد و از آن پس نقصان طول سریعتر میشود بقسمی که اگر سرعت حرکت مساوی سرعت نور شود طول میله بکلی از میان میرود و هیچ میشود؛ و ساعتی که با سرعت نور تغییر مکان دهد بکلی از کار بازماند. از آنچه گفته شد نتیجه میتوان گرفت که هیچ چیز، در تحت تأثیر هیچ عاملی، تندتر از نور حرکت نمی تواند کرد. باین ترتیب نسبیت

يك قانون طبیعی اساسی دیگر هم فاش میسازد، بدینقرار :
در جهان ، سرعت نور حد نهائی سرعتهاست

دربدو امر قبول این حقایق بسیار دشوار مینماید بدلیل آنکه در فیزیک معمولی ، برخلاف واقع ، تصور میشود که ابعاد شیئی ، در حال حرکت و سکون ، یکی است و ساعت ، خواه متحرك باشد و خواه ساکن بیک روند کار میکند . عقل سلیم حکم میکند که باید چنین باشد . اما ، همچنانکه اینشتاین گفته است ، عقل سلیم در واقع چیزی نیست مگر مشتی معتقدات که قبل از هیجده سالگی در مغزها جامیگیرد . هر فکر تازه ای که بعدها بهر راه پیدا میکند ناچار باید با این مفاهیم « واضح » در آویزد تا جابر ای خود باز کند . و اگر اینشتاین توانست بیشتر از هر دانشمند دیگری که پیش از وی میزیسته است بحقایق طبیعت نزدیک شود و در آنها رسوخ و نفوذ کند فقط بسبب آن بود که هیچ اصلی را پیش از آنکه بمرحله ثبوت برسد « واضح » نمیدانست . از خود میپرسید : چرا فرض اینکه ساعت متحرك کند بشود و میله متحرك از طولش بکاهد عجیب بنظر برسد اما فرض تغییر ناپذیر بودن آنها غریب نباشد؟ دلیل آنکه در فیزیک معمولی شق دوم مسلم شناخته شده است این است که انسان در زندگی عادی خود هیچگاه با سرعتهای بزرگی که کوتاه شدن میله و کند شدن ساعت را محسوس سازد برخورد نمیکند . در حرکت اتومبیل و هواپیما ، حتی در حرکت موشکهای ^(۱) و ۲ مقدار کند شدن ساعت قابل اندازه گرفتن نیست . آثاری که بر فرضیه نسبیت مبتنی است فقط وقتی اتفاق میافتد که سرعت در حدود سرعت نور باشد . معادلات لورنتس

(۱) موشك ۲- ۷ اسلحه امضای شماره ۲ که آلمانها در سال آخر جنگ علیه انگلستان

در کمال وضوح نشان میدهد که با سرعتهای عادی تغییرات فواصل زمانی و مکانی عملاً صفر است. پس نسبیت با فیزیک معمولی مخالف نیست بلکه فقط مفاهیم قدیمی را بموارد تجربیات عادی انسان محدود میسازد. بر سر راه انسان سد بزرگی بود و آن تمایل وی باین امر بود که حقیقت را فقط چیزی بداند که از پشت پرده حواس خود درک میکند. اینشتاین این سد را شکست و بر آن مانع غالب آمد. همچنانکه نظریه کوانتوم مسلم ساخت که طرز کار ذرات اصلی ماده شبیه بطور عمل ذرات بزرگتری که در عالم زمخت و غیر دقیق مشهودات ما وجود دارند نیست، تئوری نسبیت نیز نشان داد که عوارض ناشی از سرعتهای زیاد جز آنند که در طرز کار کند و تنبیل اشیائی که با چشمان راحت طلب ما قابل رویت هستند دیده میشود. نباید فرض کنیم که سرو کار قوانین نسبیت با موارد استثنائی است، بلکه تصور بسیار جامعی از جهان بسیار پیچیده ایست که در آن وقایع ساده و مکانیکی که از تجربیات زمینی ما ناشی میشوند موارد استثنائی بشمار میآیند. دانشمند امروز، که با سرعتهای سرسام آور جهان تیزروا تمی یا با فضاها و زمانهای بی انتهای نجومی سرو کار دارد، قوانین فرتوت نیوتنی را کافی و رسا نمیداند و نمی بیند، حال آنکه قواعد نسبیت در هر مورد ویرا با توصیف دقیق و کامل طبیعت رو برو میسازند. هر جا که اصول موضوع اینشتاین به مرحله آزمایش گذاشته شده - اند صحت و حقیقت آنها بمنصه ثبوت رسیده است. آیوز^(۱)، که در آزمایشگاههای شرکت بل^(۲) به تحقیق میپرداخت، در آزمایشی که بسال ۱۳۱۲ (= ۱۹۳۶) بعمل آورد براهین بسیار معتبر برای تاخیری

که بر طبق قوانین نسبیت در فواصل زمانی روی میدهد یافت . وقتی که اتم در حال تشعشع است نوری از آن ساطع میشود و میتوان تواتر و طول موج این نور را بوسیلهٔ منظار الطیف بانهایت دقت اندازه گرفت ، پس میتوان این اتم را بمنزلهٔ ساعتی فرض کرد . آیوز نوری را که از اتمهای غیر درون که با سرعت زیاد در حال حرکت بودند خارج میشد با نوری که از اتمهای غیر درون که در حال سکون بودند ساطع میکردید مقایسه کرد و دید که تواتر ارتعاشات اتمهای متحرك تقلیل می یافت و این تقلیل دقیقاً بانقایجی که از معادلات اینشتاین انتظار میرفت تطبیق میکرد . شاید روزی علم این اصل را بوسیلهٔ آزمایش جالبتری تأیید کند . اینشتاین گفته است که چون از هر حرکت متناوبی میتوان برای اندازه گرفتن زمان استفاده کرد قلب انسان را هم میتوان نوعی ساعت دانست . بنابراین ، بر طبق قوانین نسبیت ، تپش قلب کسی که با سرعتی نزدیک به سرعت نور تغییر مکان دهد بنسبت کند خواهد شد ، و تنفس و سایر آثار فیزیولوژیک بدن او نیز چنین خواهند شد ؛ اما خود او متوجه این تأخیر نخواهد گردید زیرا که ساعت او نیز بهمان میزان کند میشود . ولی وی در نظر ناظر بی حرکتی که مراقب او باشد دیرتر « پیر » میشود . در فکر خیال باف افسانه سرامی مانند بوك راجرز^(۱) میتوان در آینده جهان نوردی را تصور کرد که دریك کشتی فضا نورد ، که بوسیلهٔ اتم بحرکت درمیآید ، با سرعت ثانیه ای ۲۶۸۰۰۰ کیلومتر فضای بین کواکب را در نورد و پس از ده سال زمینی بزمین باز گردد در حالی که بیشتر از پنج سال بسن او افزوده نشده باشد .

برای توصیف ساختمان جهان فیزیکی سه مقدار مورد نیاز است :
 زمان ، فضا و جرم . از آنجائیکه زمان و فضا مقدار های نسبی هستند
 میتوان حدس زد که جرم جسمی هم با وضع حرکت آن تغییر پذیر باشد .
 در حقیقت هم مهمترین نتایج عملی نسبیت از این اصل ، یعنی اصل نسبیت بودن
 جرم ، برخاسته اند .

در اصطلاح معمولی « جرم » واژه دیگری برای « وزن » است .
 اما این لفظ در نظر فیزیک دان نماینده يك خاصیت اساسی دیگر ماده ،
 یعنی مقاومت در مقابل تغییر حرکت ، است . نیروئی که برای بحرکت
 در آوردن کامیون لازم است خیلی بیشتر از آن است که برای حرکت دادن
 دو چرخه پائی ضرورت دارد : کامیون در مقابل حرکت از دو چرخه مقاومت
 و سر سختی خیلی بیشتری نشان میدهد زیرا که جرم آن خیلی بیشتر
 است . در فیزیک کلاسیک جرم هر جسم خاصیتی است ثابت و تغییر ناپذیر .
 پس جرم کامیون باید همیشه یکی باشد ، خواه در تعمیرگاه متوقف باشد ،
 یا در راهی با سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت سیر کند ، یا در فضا با سرعت
 ۹۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه تغییر مکان دهد . اما نظریه نسبیت میگوید که
 جرم جسم متحرك بهیچ روی ثابت نیست و با سرعت آن افزایش می یابد .

فیزیک قدیم از کشف این حقیقت فقط باین دلیل بازمانده بود که حواس و وسایل کار انسان ناقص تر از آنند که بتوانند افزایشهای بی نهایت کوچکی را که بر اثر شتابهای ناچیزی که نتیجه آزمایشهای معمولی است در جرم پیدامیشود ثبت و ضبط نمایند. این افزایشها فقط وقتی قابل درک میشوند که سرعت جسم در حدود سرعت نور باشد. (این عارضه، یعنی افزایش جرم با سرعت، با آنچه که در مورد تقلیل طول در صورت افزایش سرعت گفته شد مابینتی ندارد. حقیقت آنکه ممکن است این سؤال پیش آید که چگونه ممکن است جسمی خودش کوچکتر، اما جرمش بیشتر شود؟ اما باید دانست که نقصان طول فقط در امتداد حرکت است، ابعاد دیگر جسم، یعنی عرض و ارتفاع آن، تغییر نمیکنند؛ بعلاوه جرم «سنگینی» نیست، بلکه مقاومت در مقابل حرکت است).

فرمول اینشتاین که افزایش جرم را با سرعت بدست میدهد بظاهر مانند فرمولهای دیگر نسبیت است، اما نتایج آن بسیار بسیار مهمتر است. این فرمول چنین است:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

که در آن m جرم جسم است وقتی که با سرعت v حرکت میکند و m_0 جرم آن است در حال سکون و c ، مانند همیشه، سرعت نور است. هر کس که از مقدمات جبر و مقابله اطلاع داشته باشد با آسانی درک میکند که اگر سرعت v ، مانند سرعتهایی که در آزمایشهای معمولی با آنها مواجه هستیم، ناچیز باشد اختلاف بین m و m_0 عملاً هیچ است.

اما هرچه v به c نزدیک شود m بزرگتر میگردد و وقتی که v به c برسد m بی نهایت بزرگ خواهد شد. چون جسمی که جرمش بی نهایت بزرگ باشد در مقابل حرکت مقاومت بی نهایت بزرگ ابراز میدارد بار دیگر باین نتیجه میرسیم که سرعت هیچ جسم مادی ممکن نیست مساوی سرعت نور شود (۱)

در میان مظاهر مختلف نسبیت اصل افزایش جرم خیلی بیشتر از اصلهای دیگر بتحقق پیوسته و بوسیله فیزیک دانان بمرحله آزمایش در آمده است. سرعت الکترونها که در حوزه های نیرومند الکتریکی حرکت میکنند و ذرات بتائی که از اتمهای مواد رادیو آکتیو صادر میگرددند حدود ۹۹ درصد سرعت نور میرسند. برای دانشمندانی که در فیزیک اتمی کار میکنند و با چنین سرعتهای بزرگ سروکار دارند موضوع افزایش جرم، که بوسیله قوانین نسبیت پیش بینی شده است، دیگر مطلبی قابل بحث نیست بلکه یک حقیقت تجربی است که در محاسبات از آن صرف نظر نمیتوان کرد. در واقع ساختمانهای ماشینهای «پروتون سینکروترون» (۲) و ماشینهای دیگری که با کارمایه های فوق تصور (۳) سروکار دارند بنحوی در نظر گرفته شده است که با افزایش جرم ذراتی که سرعتشان ب سرعت نور نزدیک میشود سازگار باشد.

بعدها اینشتاین از اصل نسبی بودن جرم نتیجه ای گرفت که اهمیتش در جهان از حیز حساب بیرون است. رشته استدالات او تقریباً باین نحو

(۱) رجوع کنید بضمیمه .

(۲) Proton - Synchrotron ماشین هائی که برای دادن سرعت خیلی

زیاد بذراتی که بار الکتریکی دارند بکار میروند.

(۳) Super - energy

بود : چون جرم يك جسم متحرك باافزایش حرکت آن فزونی می یابد، و چون حرکت نوعی کارمایه است (کار مایه حرکتی ^(۱)) ، افزایش جرم جسم متحرك نتیجه افزایش کارمایه آن است . خلاصه کلام آنکه کارمایه (انرژی) دارای جرم است ! دانشمند بزرگ توانست باچند محاسبه بالنسبه ساده ریاضی مقدار معادل جرم m را که در واحد کارمایه E هست بوسیله فرمول $m = \frac{E}{c^2}$ باز یابد . باتوجه باین رابطه هر جوان تازه کار دبیرستانی هم میتواند بامایه ای که از جبر و مقابله دارد بیافتن و نوشتن دستور $E = mc^2$ ، که بی شبهه در تاریخ مهمترین معادله شمرده میشود ، نائل گردد .

نقشی که این معادله در ساختن بمب اتمی برعهده داشته است در نظر غالب روزنامه خوانان واضح است . این معادله يك عبارت مختصر فیزیکی است حاکی از این مطلب که مقدار کارمایه موجود در هر ذره ماده مساوی است با حاصل ضرب جرم آن (بر حسب گرم) در مربع سرعت نور (بر حسب سانتیمتر در ثانیه) . برای اینکه این رابطه شگرف و واضحتر شود آنرا بصورت محقق تری بیان میکنیم : اگر يك کیلو گرم زغال ۵۰۰۰۰۰ بکار مایه تبدیل شود ساعتی ۲۵ میلیارد کیلو-وات الکتریسته بوجود میآورد ؛ یعنی اگر نیروی مولد برق تمام کارخانه های تهران را ۲۵۰۰۰ کیلووات در ساعت فرض کنیم مقدار برقی که از این يك کیلو گرم زغال نتیجه میشود برای تولید يك قرن برق مصرف شهر تهران کافی کافی خواهد بود!

معادله $E = mc^2$ جوابی است برای بسیاری از اسرار نهفته و بسیار

پیچیده فیزیک. این معادله توضیح میکند که چگونه اجسام رادیو آکتیو، مانند رادیوم و اورانیوم، ذراتی با سرعت‌های بسیار بزرگ ساطع میکنند و این عمل را میلیون‌ها سال ادامه میدهند؛ این معادله روشن می‌سازد که چگونه خورشید و ثوابت دیگر میلیاردها سال است بنورافشانی و حرارت-پراکنی ادامه میدهند، چو اگر قرار بود که مواد متشکله خورشید بر طبق اصول معمولی احتراق در نتیجه تولید حرارت و نور مصرف شوند و از میان بروند صدها قرن بود که زمین ما بر اثر تاریکی و یخ زدگی از میان رفته و نام و نشانی از آن بر جا نمانده بود؛ این معادله هویدامی‌سازد که چقدر نیرو در اتم‌ها خفته و نهفته است و چند گرم اورانیوم کافی است در بمبی گذاشته شود تا شهر را با خاک یکسان سازد؛ و بالاخره این معادله بسیاری از حقایق فیزیکی را از پشت پرده اسرار بیرون می‌آورد و آفتابی و آشکار میکند. پیش از نظریه نسبیت دانشمندان جهان را همچون ظرفی می‌انگاشتند پر از دو عنصر متمایز و متفاوت: یکی را کد و قابل لمس و دارای خاصیتی بنام جرم و دومی سیال و نامرئی و بی جرم. اینشتاین نشان داد که جرم و کارمایه بایکدیگر معادلند و خاصیتی که جرم نام دارد در حقیقت جز کارمایه متمرکز نیست. در حقیقت جرم کارمایه است و کارمایه جرم، تفاوت میان آن‌دو فقط حالتی است موقتی.

چه بسیار از معماهای طبیعت که در نور این اصل مهم گشوده شده‌اند:

تأثیر متقابل و گیج‌کننده ماده و تشعشع در یکدیگر، که گاهی بصورت همکاری ذرات و زمانی بشکل همبستگی امواج تجلی میکند، بهتر قابل درک و فهم میشود؛ نقش دو حقیقتی الکترون که گاهی مانند دو حد ماده و وقتی مثل واحد الکتریسته ظاهر میگردد، موج الکترونی،

فوتون ، امواج ماده ، امواج احتمالات ، یکدنیای ام-واج ... همه اینها کمتر ضد و نقیض بنظر میرسند ؛ زیرا که تمام این مفاهیم تجلیات گوناگون يك « حقیقت » هستند و دیگر موردی باقی نمیماند که ببینیم کدام يك آنها « در حقیقت » وجود دارد و کدام يك ندارد. ماده و کارمایه به یکدیگر بدل میشوند. اگر ماده جرم خود را از دست بدهد و با سرعت نور سیر کند تشعشع یا کارمایه نامیده میشود و بعکس اگر کارمایه قوام یابد و بیحرکت شود و جرم آن محسوس گردد آنرا ماده میگوئیم. سابقاً علم فقط میتوانست خواص و روابط زود گذر ماده و کارمایه را ، آنچنانکه در قلمرو حواس محدود آدمی قرار میگیرند ، تشخیص دهد ، اما در ۲۴ تیر ماه ۱۳۲۴ (= ۱۶ ژوئیه ۱۹۴۵) بشر توانست که هر يك از آن دورا بدیگری تبدیل کند. زیرا که در آن شب ، « در آلامو گوردو » (۱) در مرکزیکوی جدید (۲) ، انسان توانست برای اولین بار مقداری ماده را بنور و حرارت و حرکت ، یعنی آنچه کارمایه مینامیم ، مبدل سازد.



اما راز اصلی همچنان باقی است. سیر کامل علم بسوی توحید مفاهیم - تحویل هر ماده ای بعناصر و از آن پس تحویل عناصر بذراتی از چند نوع معدود ، یا تحویل تمام نیروها بمفهوم واحد « کارمایه » و از آن پس تحویل ماده و کارمایه بیک کمیت اصلی - مارا همچنان بسوی مجهول میکشاند. پرسشهای بسیار بصورت پرسش واحدی در میانند که شاید هیچگاه جوابی برای آن یافته نشود. و اینك آن پرسش : جوهر

و حقیقت این هیولای « جرم - کارمایه » چیست؟ و اصل و بنیاد آن حقیقت فیزیکی که علم در پی کشف و درکش در تکاپو است کدام است؟

باین نحو نظریه نسبیت مافند تئوری کوانتوم، فکرا انسان را از جهان نیوتنی دور میکند، جهانی که ریشه‌اش در فضا و زمان بود و بصورت يك ماشین بزرگ و سربراه و قابل اداره شدن کار میکرد. قواءِ دی که اینشتاین درباره حرکت وضع کرده است و اصول اساسی نسبیت مسافت و زمان و جرم و استتقا جهانی که از این اصول شده است همه جزء آنچه بنام « نظریه خاص نسبیت »^(۱) خوانده میشود قرار دارند. در ده سالی که پس از انتشار این اثر ابتکاری گذشت، دانشمند بزرگ دستگاه علمی و فلسفی خود را بصورت « نظریه عام نسبیت »^(۲) بسط داد و بکمک آن بمطالعه نیروهای مرموزی که حرکت ستاره‌ها و ستاره‌های دنباله‌دار و شهابها و کهکشانها را اداره میکنند پرداخت و همچنین بمطالعه همه دستگاههای آهن و سنگ و بخار و آتش که در خلاء بی‌پایانی که هیچکس بعد و حقیقت آن واقف نیست حرکت میکنند. نیوتن این نیرو را « جاذبه عمومی » نامیده بود و اینشتاین از روی مفهومی که خود از این جاذبه داشت نظری خاص در باره کل جهان و معماری و ساختمان آن پیدا کرد.

اینشتاین میگوید: وقتی باشخصی غیر ریاضی دان از اجسام « چهار بعدی » گفتگو کنیم « چندشی » باو دست میدهد که بحالتی که از شنیدن علوم خفیه و سحر و جادو پیدامیکند بی‌شباهت نیست، حال آنکه هیچ

Special Theory of Relativity (۱)

General Theory of Relativity (۲)

تعریفی بمورد تر از این نیست که جهانی که « ما در آن زندگی میکنیم يك پیوسته^(۱) چهار بعدی مکانی زمانی^(۲) است »

ممکن است « غیر ریاضی دان » از اینشتاین سؤال کند که مقصود وی از کلمه « بمورد » در این بحث فلسفی چیست . ولی حقیقت آنکه اشکال بیشتر در عبارات و کلمات است تا در اصل فکر . اگر معنی کلمه « پیوسته » بدرستی مفهوم گردد تصویری که اینشتاین از جهان بصورت يك پیوسته^(۱) چهار بعدی مکانی زمانی دارد ، یعنی تصویری که در واقع پی و بنیاد همه مفاهیم جدید جهان است ، کاملاً روشن خواهد شد . يك « پیوسته » چیزی است که ادامه داشته باشد . مثلاً يك خط کش يك فضای پیوسته^(۱) يك بعدی است . خط کش های مدرج تاملیمتر ، و بعضی تایکدهم میلیمتر ، درجه بندی شده اند . اما میتوان در عالم خیال خط کشی فرض کرد که تا یکمیلیونم یا يك میلیارد متر مدرج شده باشد . در عالم نظری دلیلی نمیتوان یافت برای اینکه فاصله دو نقطه از این هم کوچکتر نباشد . صفت مشخصه^(۱) يك « پیوسته » آن است که فاصله بین هر دو نقطه آنرا میتوان به تقسیمات هر قدر کوچک که بخواهیم منقسم کنیم .

(۱) پیوسته کلمه ایست که برای Continuum در نظر گرفته شده است . Cantinu um یا کمیت پیوسته که بمراعات اختصار آنرا پیوسته اصطلاح میکنیم بهر چاری اطلاق میشود که ادامه داشته باشد و پیوسته همان باشد که بوده است و اجزاء آنرا جز بایک معیار خارجی نتوان از یکدیگر تشخیص داد . از طرف برخی مترجمان و نویسندگان ، بجای Continuum لفظ « حیز » بکار برده شده است که چون دارای معنی و مفهوم مشخص است برای این کار زیاد مناسب دانسته نشد (ب)

(۲) Space - time . برای ترجمه این کلمه مرکب هم کلمه مرکب جایگاه از جا و گاه ، بکار رفته است ولی چون کلمه جایگاه بطور قطع قید مکان است و در هیچیک از آثار زبان ما مفهوم زمان در آن نیست بهتر دانسته شد که از بکار بردن آن خود داری شود .



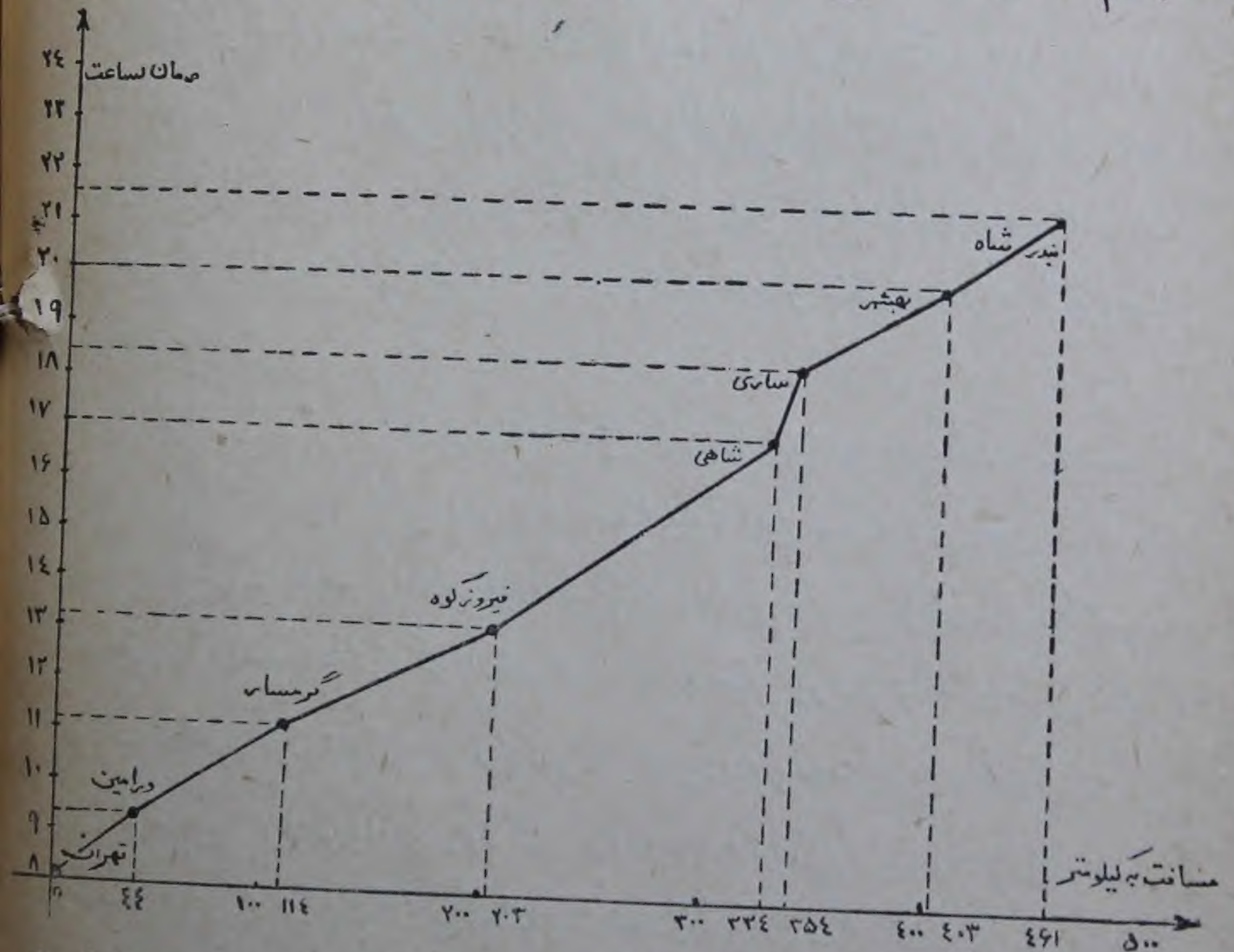
در این تصویر پنج کهکشان می بینید که بر روی هم « پنج کهکشان اسب بزرگ (Pegasus quintet) » نامیده میشوند و هر یک از آنها ، مانند کهکشان ما ، جهانی است مرکب از صدها میلیون ستاره . اگر در تصویر دقت کنید درمی یابید که چگونه تأثیر جاذبه شکل برخی از این کهکشانها را درهم و نامنظم کرده است . فاصله آنها از ما آنقدر زیاد است که نوری که صفحه عکاسی را متأثر کرده و عکسی را که در این تصویر دیده میشود بوجرد آورده ۲۲ میلیون سال قبل از کهکشانها صادر گردیده است . عظمت جهان باندازه ایست که نسبت کهکشان ما به عالم درست مانند نسبت خورشید ماست به کهکشان ما . برای آشنا شدن بعقیده ای که علمای هیت بر اثر شناختن این کهکشانها نسبت به جهان پیدا کرده اند بصفحه ۱۱۴ مراجعه کنید .

راه آهن يك فضای پیوسته يك بعدی است و بر روی آن میتوان وضع هر نقطه را در هر زمان بوسیله يك مختص ، یعنی فاصله آن از يك مبدأ ، مثلاً يك ایستگاه یا يك سنك مسافت نمای کنار راه ، معین و مشخص کرد . اما ناخدای سفینه ای که بر روی دریا سیر میکند با دو بعد سروکار دارد ؛ سطح دریای يك فضای پیوسته دو بعدی است و مختصاتى که بكمك آنها ناخدا وضع خود را در هر لحظه در این پیوسته دو بعدی مشخص میسازد طول و عرض جغرافیائی هستند . خلبان هواپیما در يك پیوسته سه بعدی پرواز میکند زیرا که علاوه بر طول و عرض جغرافیائی باید ارتفاع هواپیما ، یعنی فاصله خود از زمین ، را هم در نظر بگیرد . پیوسته خلبان هواپیما فضا است بوضعى که برای مقابل درك است . عبارت دیگر فضای جهان ما يك پیوسته سه بعدی است .

اما برای توصیف هر واقعه فیزیکی که متضمن حرکت باشد تعیین جای واقعه در فضا کافی نیست ، بلکه باید این نکته نیز معین شود که چگونه جای واقعه با زمان تغییر میکند . باین ترتیب برای اینکه تصور صحیحی از وضع قطاری که از تهران به بندر شاه میرود داشته باشیم کافی نخواهد بود که بگوئیم این قطار از تهران به فیروز کوه و شاهی و ساری و به شهر و بندر شاه میرود بلکه باید علاوه کنیم که در چه « زمانی » بهر يك از این نقاط میرسد . این کار را میتوان بكمك يك جدول وقت نما یا بكمك يك نقشه انجام داد . اگر کیلومترهای بین تهران و بندر شاه را بر روی يك صفحه شطرنجی بر روی يك محور افقی و ساعات و دقائق را بر روی يك محور عمود بر آن نقل کنیم و باین ترتیب وضع قطار را در هر لحظه مشخص سازیم خطی که این نقاط را بهم مربوط سازد پیشرفت قطار را در يك فضای پیوسته

دو بعدی نشان میدهد .

این طرز تجسم بوسیله نمودار بسیار متداول و بنظر همه آشناست .
مثلاً یک نمودار که از وضع باراز رسم شود وضع مالی را در یک پیوسته دو
بعدی « پولی زمانی » مشخص میسازد . بهمین ترتیب پرواز هواپیما را از
تهران با آبدان بکما یک پیوسته چهار بعدی مکانی زمانی بهتر میتوان
مجسم ساخت دانستن x و y و z ، یعنی طول و عرض جغرافیائی و ارتفاع



هواپیما ، برای مدیر دستگاه فقط وقتی اهمیت دارد که بداند هواپیما
در چه زمانی از نقطه‌ای بآن مختصات عبور میکند . پس زمان بعد چهارم
است . هر گاه بخواهیم پرواز هواپیما را بر روی هم و بطور کامل مورد
مطالعه قرار دهیم نباید آنرا بصورت اجزاء منفصل مانند بلند شدن و

بالا رفتنها و سیرهای افقی و بزمین نشستنهاى جدا گانه در نظر بگیریم بلکه باید بشکل يك منحنى اتصالى در يك پیوسته چهار بعدى مکانى زمانى نمایش دهیم.



از آنجائیکه زمان کمیتی است که جسمیت ندارد و قابل لمس و احساس نیست نمیتوان پیوسته چهار بعدى مکانى زمانى را بوسیله رسم شکلى یا ساختن نمونه‌ای از جسم ساخت. اما تصور آن ممکن و نمایش ریاضى آن میسر است. و مرد دانشمند برای اینکه بتواند فضاهاى بی انتهای را که در وراء منظومه شمسی و در وراء مجموعه هاى ستاره‌ها و کهکشانهاى که چون ابر بنظر میرسند، و در وراء کهکشانهاى دیگر و دورترى که در اعماق بی پایان فضا نورافشانی میکنند، وجود دارد توصیف کند باید همه را در پیوسته‌ای که دارای سه بعد مکان و بعد چهارم زمان باشد تعقل و تصور نماید. مادر فکر خود سعی میکنیم که این بعدها را از یکدیگر جدا کنیم؛ تصویرى از مکان و تصور دیگرى از زمان داریم؛ اما این جدائی کاملاً درونى و ذهنى است و، همچنانکه نظریه خاص نسبیت نشان داده است، فضا و مکان وقتى که جدا از یکدیگر در نظر گرفته شوند مقادیرى نسبى هستند که بر حسب شخص ناظر فرق میکنند. همچنانکه در نمایش دقیق خانه و درخت و انسان، طول را نمیتوان از ابعاد دیگر، یعنی عرض و ارتفاع ریاضحامت، جدا دانست در هر توصیف عینى جهان، آنچنان که ملایم طبع علم باشد، دیگر نمیتوان زمان را از ابعاد مکانى جدا کرد. هرمان مینکوسکی، ^(۱) ریاضى دان بزرگ آلمانى، همان کسی که جنبه ریاضى

پیوسته مکانی زمانی را بسط داد و بصورت وسیله مناسبی برای بیان اصول نسبیت در آورد، معتقد است که: زمان و مکان منفصل و مجزا از یکدیگر بصورت شبحی بیش نیست و آنچه حقیقت دارد نوعی ترکیب آنهاست «

اما نباید تصور کرد که پیوسته مکانی زمانی فقط يك موجود و مخلوق ریاضی است. جهان خود يك پیوسته مکانی زمانی است؛ هر حقیقتی هم در مکان است و هم در زمان و این دو از یکدیگر جدا شدنی نیستند. هر نوع اندازه گیری زمان در حقیقت اندازه گرفتن فضا است و بعکس هر چه را در فضا اندازه بگیریم در واقع در زمان اندازه گیری میکنیم. ثانیه و دقیقه و ساعت و روز و هفته و ماه و فصل و سال اندازه های اوضاع مختلف زمینند نسبت به خورشید و ماه و ستاره ها. همچنین عرض و طول جغرافیائی، یعنی مختصاتى که بكمك آنها انسان وضع خود را بر روی زمین مشخص میسازد، با دقیقه و ثانیه اندازه گرفته میشوند و برای اینکه آنها را بدقت اندازه بگیریم لازم است بدانیم که در چه ساعتی از روز و چه روزی از سال هستیم. نشانه هایی مانند استوا و مدار راس السرطان و مدار راس الجدی و مدارهای قطبی ساعتی هستند که تغییر فصول را نشان میدهند. نصف النهار مبدأ مختصی است که وقت روز را می شناساند و «ظهر» چیزی جز زاویه خورشید با زمین نیست.

در این صورت هم معادل بودن فضا و زمان در حقیقت وقتی مسلم میشود که بتماشای ستاره ها پردازیم. در میان صورتهای فلکی که در نظر ما آشنا هستند برخی «حقیقی» هستند و بعضی «ظاهری». حقیقی صورتهایی هستند که ستاره های ترکیب کننده آنها تابع یک دستگاه جاذبه واقعی

بوده با وضعی منظم نسبت بیکدیگر حرکت میکنند. صورتهای دیگر ظاهری اند و وجود اجزاء آنها بر اثر خطای مناظر و مرایا است و فقط در نتیجه آن است که ستاره های متعدد در امتداد يك شعاع بصری قرار دارند. در چنین صورتهایی ممکن است دو ستاره که دارای یک درجه تابش باشند نزدیک بهم دیده شوند و شخص خیال کند که آنها پهلوئی یکدیگرند در صورتیکه فاصله ما از یکی از آنها ۴۰ سال نوری و نور دیگری ۴۰۰ سال نوری باشد.

واضح است که دانشمندان ستاره شناس باید جهان را يك پیوسته فضا-زمانی بدانند. وقتی که از درون لوله دور بین نجومی خود نگاه میکند تنها چشم بفضائی که در پیش رو دارد نمیدوزد بلکه بزمانی هم که پشت سر گذاشته است توجه دارد. دور بین های بسیار حساس عکاسی او نور بسیار ضعیف مجموعه ستاره هایی را ثبت میکنند که پانصد میلیون سال نوری از ما فاصله دارند و این نور ضعیف موقعی از آن ستاره ها جدا شده است که در دوران عمر زمین اولین موجودات مهره دار (ذیفقار) از دریا های گرم عهد اول^(۱) بسوی خشکی خزیدن گرفته بودند. منظار الطیف او باو میگوید که این دستگاههای عظیم سماوی، دور از کهکشانی که ما جزء آنیم، با سرعت باور نکردنی ۵۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه، در فضای بی انتها حرکت میکنند، یا بهتر بگوییم، پانصد میلیون سال نوری پیش با این سرعت حرکت میکرده اند. کسی نمیتواند بگوید که آن ستاره ها حالا کجاستند و آیا اصلا وجود دارند یا نابود شده اند. اگر ما تصویری را که از جهان ترسیم کرده ایم بسه بعد ذهنی فضا و يك بعد زمان منقسم کنیم آنچه بطور مسلم از این مجموعه ها باقی می ماند لکه هایی

است که در نتیجه نور آنها بر روی صفحه حساس دوربین عکاسی گذاشته میشود. واقعیت و حقیقت آنها فقط وقتی است که در يك پیوسته چهار بعدی فضا زمانی در نظر گرفته شوند.



بشر در مدت کوتاهی که زمین را تحت اختیار دارد، از روی خود - پرستی، همه وقایع و حوادث را با معیاری که خود از گذشته و حال و آینده احساس میکند سنجیده است. اما باستثنای آنچه در حلقه تصور ماست، در جهان عینی و عالم حقیقی هیچ چیز اتفاقی نیست بلکه، در کمال سادگی، وجود دارد. حقیقت عالم را جز با فکری بعظمت خود آن اندازه نمیتوان گرفت اما میتوان آنرا، برهبری يك ریاضی دان، با علامت و نشانه ای بصورت يك پیوسته چهار بعدی فضا زمانی نمایش داد. درك پیوسته فضا - مکانی ملازمه دارد با فهم نظریه عام نسبیت و آنچه این نظریه درباره جاذبه، یعنی نیروی نهفته ای که اجزاء جهانرا بیکدیگر پیوند میدهد و شکل و هیکل آنرا قوام میبخشد، اظهار میدارد.

اینشتاین در نظریه خاص نسبیت عارضه حرکت را مورد مطالعه قرار داده خاطر نشان ساخت که ظاهراً در جهان دستگاه مقایسه‌ای نتوان یافت که با آن انسان بتواند حرکت « مطلق » زمین ، یا هر دستگاه متحرك دیگری ، را تشخیص دهد . حرکت را میتوان فقط بصورت تغییر وضع جسمی نسبت به جسم دیگر در نظر گرفت . مثلاً ما میدانیم که زمین نسبت به خورشید با سرعت ۳۰ کیلو متر در ثانیه حرکت میکند . تغییر فصول نماینده و موید این حرکت است . اما تا چهار صد سال پیش تغییر جای خورشید در آسمان موجب این فرض شده بود که خورشید بدور زمین میچرخد و علمای نجوم قدیم بر بنیان این فرض يك جراثقال سماوی کاملاً عملی بوجود آورده بودند که بكمك آن میتوانستند عوارض مهم سماوی را بانهایت دقت پیشگوئی کنند . فرض آنان کاملاً طبیعی بود ، چو ما هیچ روی حرکت خود را در فضا احساس نمیکنیم و هیچ تجربه فیزیکی ثابت نکرده که زمین عملاً در حرکت است . و هر چند سیارات دیگر و ثوابت و کهکشانها و دستگاههای متحرك دیگر ، پیوسته و بی لحظه ای آرام و قرار ، تغییر وضع میدهند حرکت هر يك از آنها نسبت به دیگری قابل مشاهده و ترصد است و اگر از میان تمام اجرام سماوی فقط یکی را

باقی میگذاشتند و بقیه را از میان بر میداشتند معلوم نمی شد که آن یکی ساکن است یا با سرعت ثانیه‌ای ۱۵۰ هزار کیلومتر در فضا سیر میکند. حرکت حالتی است نسبی؛ تا وقتی وضع جسمی را بادستگاه مقایسه‌ای نسنجیده ایم سخن از متحرك بودن آن گفتن امری است بی‌معنی.

اینشتاین اندکی بعد از انتشار « نظریه خاص نسبیت » خود مردد گردید که آیا برآستی حرکتی نمیتوان یافت که فقط در نتیجه اثر فیزیکی که بر روی خود دستگاه میگذارد و بدون مراجعه و مقایسه با دستگاه دیگر مشهود افتد و در نتیجه حرکت « مطلق » شناخته شود؟ مثلاً مسافری که در درون قطاری تکانی مسافرت میکند از روی آزمایشی که در داخل قطار انجام دهد نمی‌تواند بگوید که در حال حرکت است یا سکون. اما اگر راننده بناگاه ترمز کند، یا سرعت را بمقدار خیلی زیاد افزایش دهد، مسافر بر اثر تکانی که می‌خورد متوجه حرکت می‌گردد. یا اگر قطار بسمتی پیچد در نتیجه کششی که بدن مسافر، بر اثر مقاومت در مقابل تغییر جهت، بخارج پیدامیکند وی متوجه میشود که قطار در روی مسیر خود تغییر جهت میدهد. بنابراین اینشتاین استدلال کرد که اگر در دنیا فقط يك چیز، مثلاً فقط زمین و جود داشت و ناگهان شروع میکرد بحرکات نامنظم کردن ساکنان آن با تأثیر نامطلوبی از حرکت خود آگاه میشدند. از این مطلب این فرض نتیجه گرفته میشود که هر حرکت متغیر (غیر یکنواخت)، مانند حرکتی که بر اثر نیروها بوجود می‌آیند و دارای شتاب هستند، ممکن است « مطلق » دانسته شود. و نیز این فرض که فضای تهی را میتوان دستگاه مقایسه‌ای دانست که در درون آن

تشخیص حرکت مطلق ممکن باشد.

برای اینشتاین که در نظرش فضا هیچ و حرکت نسبی بود، این صفت مشخصه بظاهر منحصر بفرد حرکت غیر-ریکنواخت بسیار منحل و مزاحم بود. دانشمند بزرگ در نظریه خاص نسبیت خود مبنای این امر قرار داده بود که در مورد تمام دستگاه‌هایی که نسبت یکدیگر حرکت یکنواخت دارند قوانین طبیعت یکی هستند. و چون به هم آهنگی کلی طبیعت ایمان راسخ داشت نمیتوانست باور و قبول کند که هیچ دستگاهی در حالت حرکت غیر یکنواخت بدستگاه خاصی تبدیل گردد که در آن قوانین طبیعت باحالت عمومی متفاوت باشند. بنابراین مبنای نظریه عام نسبیت را بر این امر قرار داد که: حرکت دستگاه‌ها هر چه باشد قوانین طبیعت برای تمام آنها یکسان هستند. سپس بر روی این مبنای کار کرد و آنرا توسعه داد و قوانین جاذبه جدیدی وضع نمود که بیشتر مفاهیمی را که در مدت سیصد سال جهانرا درمخیله انسان مجسم ساخته بودند دگرگون ساخت و زیرورو کرد.



اساس کار اینشتاین بر قانون جبر نیوتن بود. این قانون، که هر طفل دبستانی بر آن واقف است، چنین است: «هر جسم که در حال سکون باشد، یا حرکتی متشابه و مستقیم الخط داشته باشد، در همان حال خواهد ماند مگر اینکه نیروی آنرا مجبور کند که از حال سکون بحرکت یا از حال حرکت بسکون درآید» همین خاصیت جبر موجب میشود که ما تغییر سرعت قطار یا تغییر جهت آنرا دریابیم. بدن ما میخواهد بحرکت یکنواختی که در روی خط مستقیم داشته است ادامه دهد و وقتی که قطار

نیروی دیگری بآن وارد میسازد خاصیتی که جبر نام دارد در مقابل این نیرو مقاومت میکند. و نیز همین جبر است که لکمیوی را که میخواهد سرعت يك قطار سنگین و اگنهای باری را بیشتر کند به « نفس زدن » و « تلاش کردن » وامیدارد.

نکته دیگر. وقتی که واگنها پر از بار باشند لکمیو بیشتر و سخت تر کار میکند و زیاد تر زغال میسوزاند تا وقتی که خالی باشند. نیوتن به قانون جبر خود قانون دیگری افزود بدین مضمون: مقدار نیروئی که برای شتاب دادن بجسمی لازم است متناسب است با جرم آن جسم، و اگر يك نیرو بر دو جسم که جرمهای متفاوت داشته باشند اثر کند بجسمی که جرم کمتر دارد شتاب بیشتری میبخشد و بدیگری شتابی کمتر. این اصل در مظاهر مختلف زندگانی روزانه بشر، از راندن کالسکه بچگانه تا خالی کردن توپ، صادق است. در حقیقت این اصل تعمیم این حقیقت ساده و مسلم است که يك توپ بازی را میتوانیم زودتر و تندتر پرتاب کنیم که تا يك گلوله توپ را.

با وجود این، وضع خاص و عجیبی وجود دارد که در آن ظاهراً رابطه ای بین شتاب جسم متحرك و جرم آن نیست: توپ بازی و گلوله توپ در حال سقوط درست يك شتاب پیدا میکنند. این خاصیت را برای اولین مرتبه گالیله کشف کرد و بوسیله تجربه ثابت نمود که اگر از مقاومت هوا صرف نظر شود تمام اجسام، صرف نظر از جنس و شکالشان، با يك سرعت سقوط میکنند. اگر بهنگام سقوط، سرعت مثلاً دستمال از سرعت توپ بازی کمتر باشد بسبب آن است که مقاومت هوا در مقابل دستمال، بعلت هیات و شکل آن، بیشتر است. اما چیزهائی که يك شکل داشته باشند

مانند توپ بازی و گلوله (کروی) توپ و تپله بازی، همه بایک سرعت فرومی افتند (در خلاء سرعت سقوط دستمال و توپ هم یکی است). این خاصیت ظاهراً قانون جبر نیوتن را نقض میکند. چرا دو جسم در حال سقوط (در امتداد قائم)، صرف نظر از شکل و جرمشان، یک سرعت دارند اما اگر باقوای متساوی در امتداد خط افقی رانده شوند سرعت آنها بطور دقیق بستگی به جرمشان دارد؟ مثل اینکه عامل جبر فقط در امتداد افقی تأثیر میکند. اما نه.

جوابی را که نیوتن باین معما داد باید در قانون جاذبه او یافت: نیروی مرموزی که با آن جسمی جسم دیگر را جذب میکند به نسبت جرم جسمی که جذب میشود افزایش می یابد. هرچه جسم بزرگتر باشد تأثیر جاذبه بر روی آن بیشتر است. اگر جسمی کوچک باشد جبر آن، یا میل آن به مقاومت در مقابل حرکت، کوچک است اما تأثیری هم که جاذبه بر روی آن می بخشد کوچک می باشد. بعکس جبر جسم بزرگ بزرگ است و تأثیر نیروی جاذبه نیز چنین است. بنابراین تأثیر جاذبه در روی هر چیز درست باندازه ایست که بر خاصیت جبر آن فایق آید و به همین دلیل است که همه اشیاء، بایک سرعت فرومی افتند و جرم جبری آنها در این امر تأثیری ندارد.

این انطباق مهم، یعنی تعادل کامل جاذبه و جبر، تعبداً پذیرفته شد. اما در مدت سه قرن که از زمان نیوتن میگذرد موجدی برای آن پیدا، و دلیلی اقامه، نشده بود. همه اصول فنی و مهندسی جدید از مفاهیم نیوتن سرچشمه میگرفت و آسمان نیز بظاهر بر طبق همان قواعد عمل میکرد. اینشتاین، که همه اکتشافاتش نتیجه بی اعتقادیش با اصول گذشته بود، با

بسیاری از افکار نیوتن میانه نداشت. از جمله در این امر شك داشت که
 تعادل کامل جاذبه و جبر فقط يك عمل اتفاقی طبیعت باشد. این فکر را
 که جاذبه نیروی باشد که بر فور بر اجسامی که در فواصل بسیار دور هستند
 تأثیر کند بدور افکند. این اصل راهم خیلی بعید دانست که زمین در
 فضا تلاش کند و هر چیز را با نیروئی که بوضع تغییر ناپذیر و معجزه آسا
 با خاصیت مقاومت جبری آن چیز معادل باشد بسوی خود جذب نماید.
 در نتیجه این اشکالات و ایرادات تئوری جاذبه عمومی جدیدی وضع کرد
 که، بر حسب آزمایشهایی که شده است، بهتر و بیشتر از قانون قدیمی نیوتن
 با طبیعت وفق میدهد.

اینشتاین با فکر خلاق خود صحنه بدبعی فرض کرد . جزئیات این صحنه بی شبهه در ساعتهای بیهوایی یاد در عالم خواب و بیداری بفکر بسیاری از متفکران دیگر نیز گذشته است . دانشمند بزرگ ساختمان بسیار مرتفعی فرض کرد که در درون آن بالارو (آسانسور) آن از طنابهای فولادینی که حامل آن بوده اند جدا شده است و بحالت آزاد سقوط میکند . در درون این بالارو عده ای از دانشمندان ، بی آنکه کوچکترین اطلاعی از سرنوشت و حشت آور خود ، یعنی سقوط بالارو ، داشته باشند و کمترین دغدغهای بخاطر راه دهند ، مشغول آزمایشهای فیزیکی هستند ؛ از جیب خود اشیائی مانند قلم خود نویس ، مسکوک ، یادسته کلید ، بیرون میآورند و بحال آزاد رها میکنند . یاللعجب ! در نظر دانشمندان چنین مینماید که خود نویس و پول و دسته کلید آنان در میان زمین و آسمان معلق مانده اند و هیچ تغییری نمیکند ؛ سبب آن است که همه آنها با بالارو و دانشمندان درون آن ، بحال آزاد در کار سقوط هستند و مطابق قانون جاذبه نیوتن همه يك سرعت دارند . چون مردان درون بالارو از وضع ناهنجار و عاقبت کار خود آگاهی ندارند ممکن است این پیش آمد عجیب را بوضع دیگری تعبیر و توجیه کنند . مثلاً ممکن است فرض کنند که ، بنیروی جادو ،

از حوزۀ جاذبۀ زمین بیرون رفته و در فضا بحال تعلیق مانده اند . برای این فرض خود دلیلی هم خواهند یافت ، مثلاً اگر یکی از آنان کف بالارو بطرف بالا جستنی کند بنحوی آرام و ملایم در فضای موج خواهد زد و با سرعتی یکنواخت و متناسب با نیروی جهش خود ، بطرف سقف بالارو خواهد رفت ؛ یا اگر یکی از آنان قلم یا کلید خود را در جهتی براند و رها کند آن چیز در آن جهت با حرکتی یکنواخت پیش خواهد رفت تا وقتی که بدیوار اطاقك بخورد . در آن محیط همه چیز بظاهر از قانون جبر نیوتن تبعیت میکند و بحال سکون یا حرکت یکنواخت و مستقیم الخط خود ادامه میدهد . اطاقك بالارو در حقیقت يك دستگاه جبری شده است و مردان درون آن نمیتوانند بفهمند که آیا اطاقك آنان در حوزۀ قوۀ ثقل سقوط میکند یا در فضا بحالت آزاد موج میزند و هیچ قوه ای را بر روی آن اثری نیست .

اینشتاین صحنه را عوض میکند . دانشمندان ما هنوز در اطاقك همان بالارو هستند اما این مرتبه در حقیقت در فضا آزادند و قوۀ جاذبۀ هیچ جرم آسمانی بر آنان اثر ندارد . طناب پولادینی بسقف اطاقك متصل است و نیروی خارق العاده شروع میکند بگرداندن طناب حول يك قرقره و بالا بردن بالارو با شتاب ثابت ، یعنی با حرکتی که سرعتش بتدریج و با نسبت ثابتی زیاد میشود . باز هم مردان درون بالارو بحال خویش وقوف ندارند و نمیدانند کجا هستند و برای پی بردن بموقعیت خود باز آزمایشهایی میکنند . این دفعه می بینند که پاهایشان محکم بزمین چسبیده است ، اگر جهش کنند دیگر موج زنان بطرف سقف نخواهند رفت ، زیرا که کف اطاق بدنبال آنان بالامی آید ؛ اگر چیزی را از دست رها

سازند آن چیز بظاهر « سقوط میکند »؛ اگر شیئی را بطرفی برانند دیگر بخط راست حرکت نمیکند، بلکه نسبت بکف اطلاق يك منحنی سهمی طی میکند. و، باین ترتیب، دانشمندان ما که نمیدانند اطلاق بی در و روزن آنان در فضا در حال صعود است میپندارند که در اوضاع و شرایط کاملاً متعارفی در اطاقی که محکم بزمین متصل است هستند، و مطابق معمول تحت تأثیر قوه جاذبه قرار دارند. در حقیقت وسیله ای نیست که این مردان بتوانند بفهمند که آیا در تحت تأثیر قوه ثقل در حال سکونند یا فارغ از تأثیر این قوه در فضای خارجی باشتاب ثابتی بطرف بالا کشیده میشوند.

اگر اطلاق آنان بلبه « چرخ فلک » عظیمی متصل باشد و با آن در فضای خارجی دوران کند باز چنین وضع مبهم و غامضی برای آنان پیش می آید: می بینند، که نیروی عجیبی سعی میکند که آنانرا از مرکز چرخ فلک دور کند؛ اگر يك ناظر متفکر خارجی مراقب آنان باشد نام این نیرو را جبریا، آنچنان که در حرکت دورانی مصطلح است، قوه گریز از مرکز میگذارد. اما خود آنان، که همچنان از وضع حقیقی و سرنوشت خود بی اطلاعند، باز وضع را بقوه جاذبه نسبت میدهند، زیرا که اگر درون اطلاق از هر پیرایه ای عاری باشد هیچ نشانه و اماره ای برای تشخیص سقف از زمین و دیوار اطلاق نیست مگر نیروئی که آنانرا بطرف یکی از سطوح داخلی میکشاند، و آنچه که در نظر ناظر خارجی « دیوار » اطلاق است در نظر مردان درون آن « کف » آن خواهد بود. يك لحظه تفکر نشان میدهد که در فضای خالی « بالا » و یا « پایین » وجود ندارد. آنچه را که ما در روی زمین « پایین » مینامیم جز امتداد قوه ثقل نیست.

بنظر کسی که در خورشید باشد چنین میرسد که مردم افریقا، یا استرالیا، یا آرژانتین، یا پاپا به نیمکره جنوبی آویخته اند. با حالتی مشابه بنظر میرسد که پرواز «دریاسالاربرد»^(۱) از فراتر از قطب جنوب يك خطای با صره ریاضی بود، وی از بالای قطب جنوب نگذشت بلکه در حالیکه سرش بطرف پائین و پاهایش بطرف بالا بود، از زیر قطب پرواز کرد. باین ترتیب نتیجه همه آزمایشهای مردان درون اطاقك متصل به چرخ و فلک در نظر آنان عیناً همان نتایجی بود که وقتی اطاقك به بالا کشیده میشد گرفته بودند. باز هم پای آنها «بکف» اطاقك چسبیده است و باز هم اشیاء سقوط میکنند و باز هم آنان همه این آثار را به نیروی جاذبه نسبت میدهند و خود را در میدان قوه جاذبه در حال سکون میدانند.



از میان این حوادث خیالی اینشتاین نتیجه ای گرفت که از جنبه نظری دارای اهمیت شایان بود. این نتیجه در نزد علمای فیزیک عنوان «هم ارزی»^(۲) جاذبه و جرم دارد. حاصل آن بطور بسیار ساده این است که برای تمیز و تشخیص حرکاتی که بوسیله نیروهای جبری (شتاب، کمانه، گریز از مرکز و غیره) بوجود میآید از حرکاتی که نتیجه نیروی جاذبه است راهی و وسیله ای نیست. اهمیت و ارزش این اصل برای هوا-نوردان بسیار واضح است، زیرا که در هوا پیمایان جدا کردن آثار جاذبه از آثار جبر ممکن نیست. تأمیری که يك «شیرجه»، یعنی حرکت سقوطی، در میوانوردی بخشد عیناً مانند اثری است که از يك تغییر جهت بسیار شدید عارض میشود؛ در هر دو حالت عاملی که نزد پروازکنندگان به «بار جاذبه»

Admiral Byrd (۱)

Equivalence (۲)

معروف است بروزمیکند و خون از مغز بیررن کشیده میشود و بدن به سنگینی در جائی که نشسته است فرو میرود. گاهی ممکن است این آثار برای خلبانی که بدون اسباب باصطلاح « پرواز کور » میکند آثار جدی و حتی شوم بیار آورد.

اینشتاین در این اصل، که در حقیقت پی و اساس نسبیت عام است، جواب معمای جاذبه و مسئله « حرکت مطلق »، هر دو را یافت. ثابت کرد که هیچ چیز واحد یا مطلق در حرکت یکنواخت وجود ندارد زیرا که بین آثار حرکت غیر یکنواختی که ممکن است حالت حرکت جسمی را، ولو آنکه آن جسم در فضا تنها باشد، ظاهر سازد و آثار جاذبه فرقی و تمایزی نیست. باین ترتیب، در مورد حرکت چرخ و فلک، آنچه را که در نظر ناظری کشش نیروی جبری یا نیروی گریز از مرکز جلوه کرده بود ناظر دیگر تأثیر معمولی جاذبه پنداشته بود. همچنین هر اثر جبری دیگر را، که بر اثر تغییر یا تغییر جهت حاصل شود، میتواند معلول تغییر و نوسان حوزه جاذبه دانست. پس مقدمه اساس نسبیت صحیح و معتبر است، و بوجود هر حرکت، اعم از یکنواخت یا متغیر، فقط میتواند با مراجعه به يك دستگاه مقایسه پی برد و حرکت مطلق وجود ندارد.

شمشیری که با آن اینشتاین اردهای حرکت مطلق را از پای در آورد « جاذبه » بود. اما جاذبه چیست؟ جاذبه اینشتاین بکلی با جاذبه نیوتن تفاوت دارد. جاذبه اینشتاین « قوه » نیست و در نظر او فکر اینکه اجسام مادی بتوانند « یکدیگر را جذب کنند » خطائی است که از مفهومی دور از صواب طبیعت ناشی شده است. تا وقتی که انسان فکر

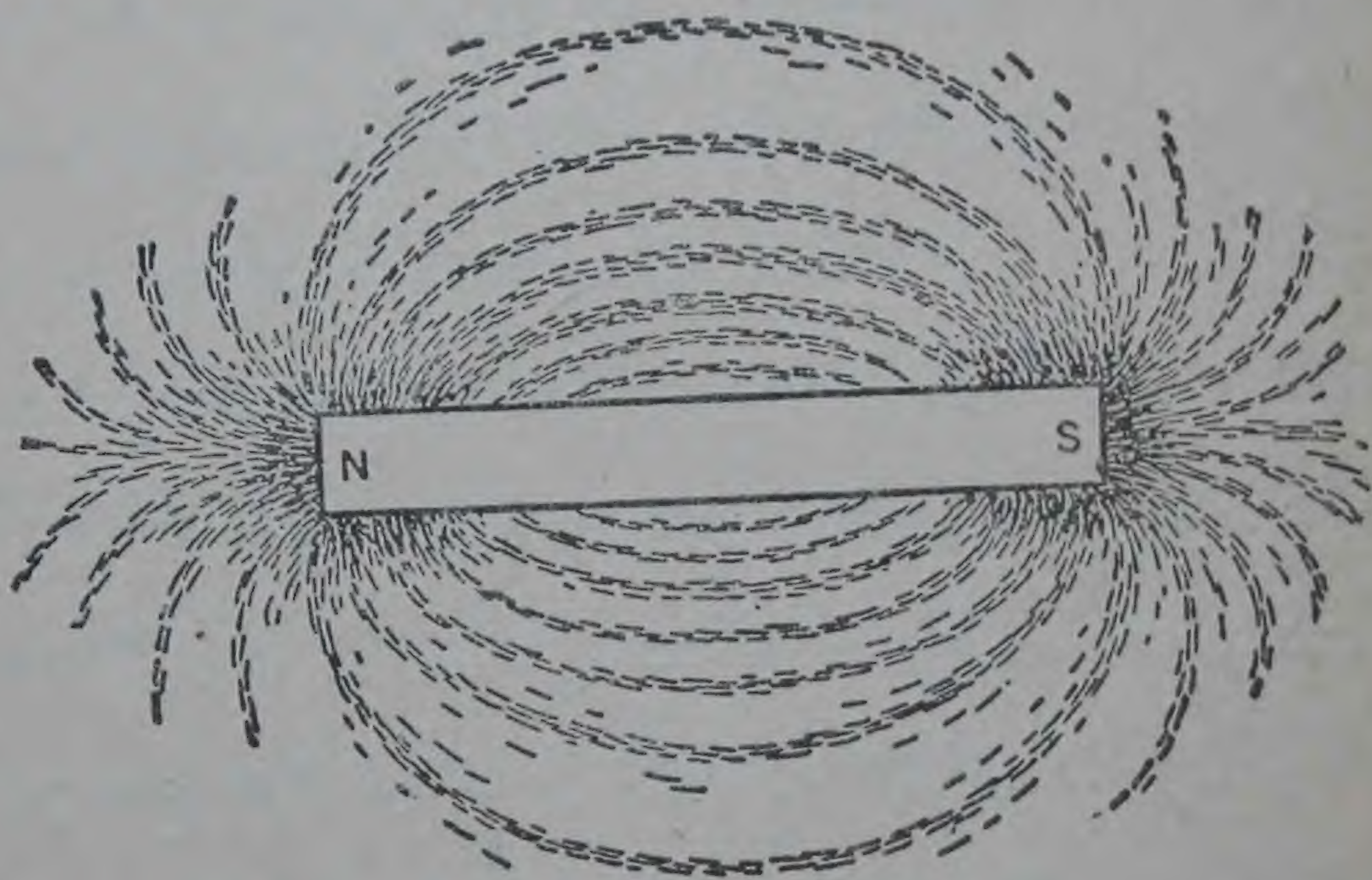
میکند که جهان مانند ماشینی بزرگ است این فکر نیز طبیعی است که هر جزء آن بتواند بر روی اجزاء دیگر قوه‌ای اعمال نماید. اما هر چه علم بیشتر بطرف حقیقت جلو میرود بیشتر آشکار و مسلم میشود که جهان مطلقاً مانند ماشین نیست. قانون جاذبهٔ اینشتاین مطلقاً با قوه سروکار ندارد، و وقتی که وضع اشیاء (مثلاً ستاره‌ها) را در يك حوزهٔ جاذبه مورد مطالعه قرار میدهند مسیر آنها را در نظر میگیرند نه نیروئی را که آنها را بسوی خود جذب نماید. جاذبهٔ اینشتاین در کمال سادگی جزء جبر است؛ حرکات ثوابت و سیارات نتیجهٔ خاصیت جبری است که در خود آنها نهفته است و سیر آنها را خواص طولی^(۱) فضا، یا بعبارت صحیح‌تر و روشن‌تر، خواص طولی پیوستهٔ فضا زمانی معین میسازد.

هر چند ممکن است آنچه گفته شد خیلی مجرد، و شاید هم متناقض، بنظر برسد اما بمجرد آنکه در این فکر تردید کنیم که ممکن باشد اجسام مادی از فاصلهٔ ملیون‌ها کیلومتر نیروهای فیزیکی بر روی یکدیگر اعمال کنند صحت آنچه گفتیم واضح و مسلم خواهد شد. مفهوم «تأثیر ازدور»^(۲) هم از زمان نیوتن برای دانشمندان تولید زحمت فکری کرده بود، مثلاً در فهم پدیده‌های برقی و مغناطیسی اشکالاتی پیش می‌آورد. امروز دیگر دانشمندان نمیگویند که آهن ربا قطعهٔ آهنی را ازدور و بوسیله نوعی «تأثیر ازدور» مرموز، اما آنی، جذب میکند. بلکه میگویند آهن ربا در فضا گرداگرد خود وضع فیزیکی خاصی بوجود می‌آورد که «حوزه یا میدان مغناطیسی» نامیده میشود و این میدان مغناطیسی در روی آهن

Metric properties (۱)

Action - af - a - distahce (۲)

تأثیر میکند و آنرا بوضعی در میاورد که قابل پیش بینی است. دانش آموزان دوره های مقدماتی علوم بخوبی شکل يك میدان مغناطیسی را می شناسند زیرا اگر مقداری براده آهن را در روی يك قطعه کاغذ مقوایی بریزند و روی آهن ربائی نگاه دارند و بوسیله تکانهای کوچکی که بکاغذ میدهند جابجا شدن براده ها را آسان کنند حوزه مغناطیسی آهن ربا تشکیل و با چشم دیده میشود (ش ۴). حوزه مغناطیسی و حوزه الکتریکی حقایق فیزیکی هستند و ساختمان مخصوصی دارند که بوسیله معادلات حوزه ای



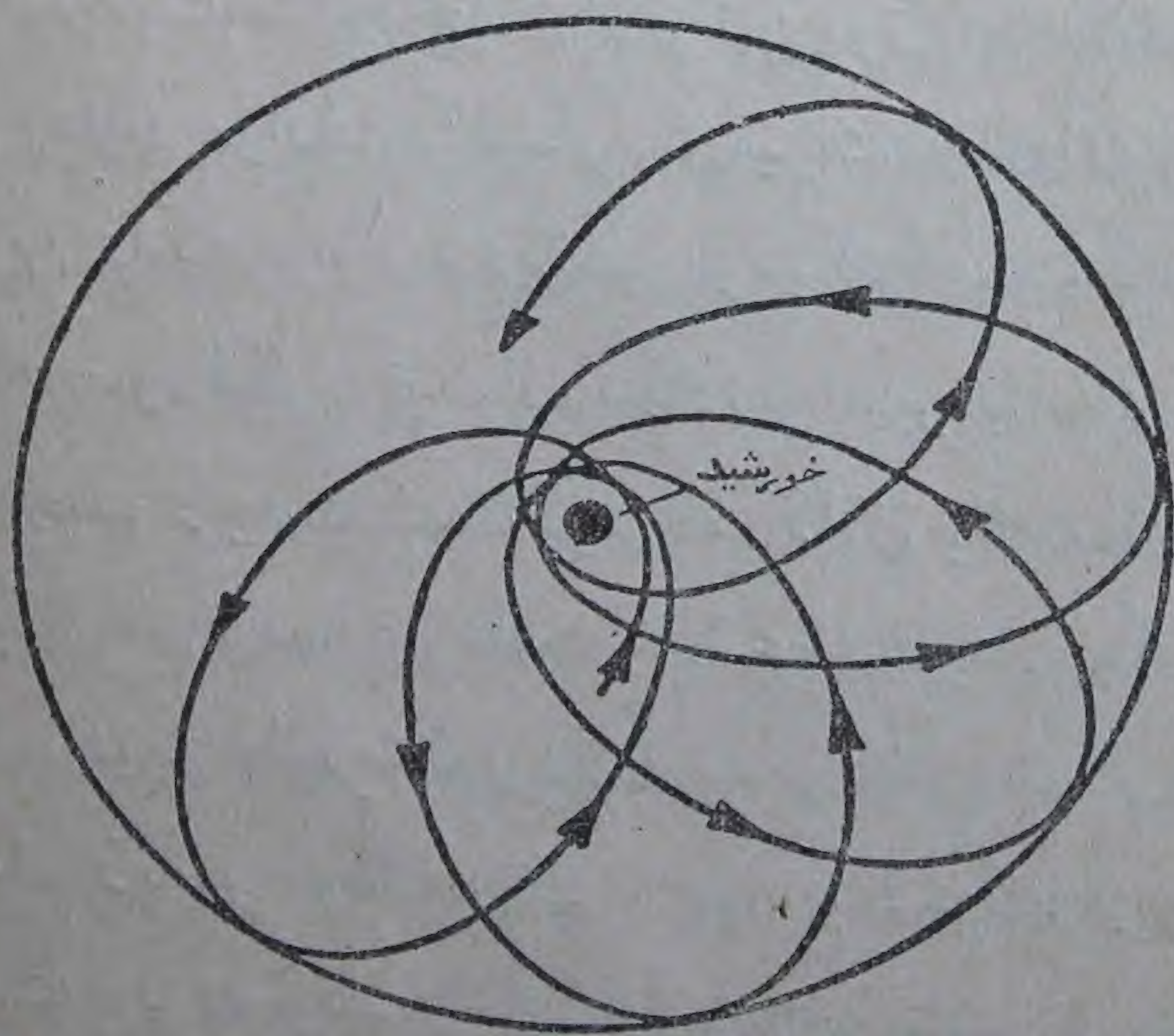
جس کلارك ما کس ول^(۱) مشخص میشود. این معادلات در حقیقت راه را برای تمام اکتشافات الکتریکی و مهندسی رادیو در قرن گذشته باز کردند. حوزه جاذبه نیز مانند حوزه مغناطیسی يك حقیقت فیزیکی است و ساختمانش بوسیله معادلات حوزه ای اینشتاین مشخص میگردد. درست همانطور که ما کس ول وفارادی اظهار داشتند که مغناطیس در اطراف خود برخی خواص ایجاد میکند اینشتاین هم نتیجه گرفت که

ستاره‌ها و ماه‌ها و اجرام سماوی دیگر هر يك به تنهایی خواص فضای مجاور خویش را بوجود می‌آورد؛ و همان‌قسم که حرکت براده آهن در حوزه مغناطیسی تابع ساختمان حوزه است مسیر هر جسم سماوی هم که در يك حوزه جاذبه‌ای واقع شده باشد بر حسب نظام خاص آن حوزه مقرر می‌گردد. اختلاف و تمایز بین عقاید نیوتن و اینشتاین را در باره جاذبه گاهی بوسیله این مثال مجسم می‌سازند: فرض کنیم کودکی در قطعه زمین کوچکی مشغول تیله بازی باشد. زمین ناهموار و دارای پستی‌ها و بلندی‌های بسیار است. ناظری که از بالای طبقه دهم بکودک و بازی او نظاره می‌کند نمیتواند ناهمواری‌های زمین را ببیند و چون تیله‌ها را می‌بیند که از بعضی قسمت‌های زمین اجتناب می‌کنند و بطرف قسمت‌های دیگر منحرف میشوند ممکن است این فکر برایش پیش آید که «قوه‌ای» بر روی تیله‌ها تأثیر دارد که آنها را از بعضی نقاط زمین دفع و بطرف بعضی نقاط دیگر جذب می‌کند. اما ناظری که روی زمین باشد فوراً می‌فهمد که حرکت تیله‌ها، بر روی زمین تابع عوارض خاص آن است. در این داستان کوچک نیوتن ناظر طبقه دهم است که قوه‌ای را در کار میداند و اینشتاین ناظر روی زمین، که هیچ دلیلی برای چنین فرضی ندارد. بنابر این قوانین جاذبه اینشتاین فقط عبارت است از بیان خواص حوزه پیوسته فضازمانی. توضیح بیشتری بدهم: این قوانین دودسته هستند، یکدسته که «قوانین ساختمانی» نامیده میشود رابطه بین جرم جسمی را که در داخل حوزه جاذبه است با ساختمان محیط اطراف آن بیان می‌کند و دسته دیگر که «قوانین حرکتی» نام دارد مسیرهای اجسام متحرك را در درون حوزه تجزیه و تحلیل مینماید.

نباید تصور کرد که نظریه جاذبه اینشتاین فقط يك طرح صوری ریاضی است بلکه اساس آن بر فرضیاتی است که از نظر هیئت معنی عمیق دارند. مهمترین این فرضیات اینست که جهان يك بنای جامد و خشك نیست که در آن ماده بطور مستقل، در فضا و زمان مستقل، قرار داشته باشد بلکه بعکس يك پیوسته بی شکلی است که معماری و ساختمان معین ندارد و شکل آن تغییر پذیر و خود آن پیوسته دستخوش تبدیل و تغییر است. هر جا که ماده و حرکت باشد این پیوسته دو چار بهم خوردگی است. همچنان که وقتی ماهی در دریا شنا می کند آب اطراف خود را بحر حرکت درمی آورد ستاره با ستاره دنباله دار یا کهکشان هم نظام هندسی فضازمانی را که در آن سیر میکنند تغییر میدهند.

وقتی که قوانین جاذبه اینشتاین در مسائل نجومی بکار بسته شود نتایجی بسیار نزدیک به نتایج حاصل از قوانین نیوتن بدست می آید. اگر نتایج همه جایکی بودند و بموازات یکدیگر پیش میرفتند جای آن بود که دانشمندان مفاهیم نیوتن را که مانوس تر و بدهن نزدیکتر است نگاهدارند و نظریه اینشتاین را محصول فکری خیالبافانگارند. اما بر مبنای نسبیت عامه عده ای پدیده های عجیب و جدید کشف گردیده و لااقل يك معمای قدیمی حل شده است. آن معما وضع غریب و غیر عادی سیاره عطارد بود. بجای اینکه عطارد مانند سیارات دیگر بطور منظم بر روی مدار بیضی شکلی بدور خورشید بچرخد هر سال از مسیر خود انحرافی حاصل میکند که، هر چند جزئی است، موجب زحمت فکری بود. علمای هیئت در پی یافتن هر عاملی که ممکن بود این اختلال حرکت را موجب گردد برآمدند ولی در حدود قوانین نیوتن راه حلی نیافتند. مسئله فقط زمانی حل شد که قوانین جاذبه اینشتاین عرضه گردید. توضیح آنکه عطارد از همه سیارات بخورشید نزدیکتر

است، كوچك است و با سرعت خیلی زیاد بدور خورشید حرکت میکند. و هیچیک از این عوامل بر طبق قانون نیوتن نمی توانست موجب بینظمی و انحراف حرکت شود. مطابق آن قانون قواعد حرکت عطارد عیناً بایستی مانند نظامات حرکت سیارات دیگر باشد. اما بموجب قوانین اینشتاین شدت حوزه ثقل خورشید و سرعت زیار عطارد اختلافی پیش میآورد که در نتیجه آن تمام مدار بیضی شکل عطارد با حرکت بسیار آهسته ای بدور خورشید دوران میکند بطوریکه در هر سه میلیون سال یکدور تمام بدور آن میگردد. نتیجه این محاسبه با مشاهداتی که بدقت در مدار این سیاره شده است توافق کامل دارد. یعنی وقتی که سروکار ما با سرعت های زیاد و حوزه های جاذبه قوی باشد قوانین اینشتاین از مال نیوتن دقیقترند.



اما نتیجه دیگری از قواعد اینشتاین گرفته شد که به مراتب مهمتر از حل آن مسئله قدیمی بود و دانشمندان هیچگاه اندیشه آنرا بخاطر نگذرانیده بودند و آن تأثیر جاذبه بر روی نور بود.

بنیان سلسله افکاری که به بیان تأثیر جاذبه بر نور از طرف اینشتاین
منجر گردید بوضع موهوم دیگری بود. بازهم فرض چنین است که
بالا روی دور از حوزه جاذبه باشتاب ثابت بطرف بالا سیر میکند. در
اینجا تیراندازی که در فضای بین ستاره ها سیر میکند بناگاه تیری بجانب
بالا روها مینماید. گلوله از دیوار پهلوی اطاقك وارد آن میشود و پس از
عبور از اطاق دیوار مقابل را در نقطه ای کمی پائین تر از آنجائیکه دیوار
مقابل را بهنگام ورود سوراخ کرده بود سوراخ میکند و خارج میشود.
دلیل پائین تر بودن سوراخ دومی بر ناظری که از خارج مراقب بالا رواست
هویدا است؛ او میداند که گلوله، به تبعیت از قانون جبر نیوتن، در خط
راست سیر میکند اما در موقعیکه عرض اطاقك را طی مینماید اطاقك
مقداری بطرف بالا میرود و در نتیجه گلوله دیوار مقابل را نزدیکتر بکف
اطاقك سوراخ میکند. اما ناظران درون اطاقك، که نمیدانند در کجای
جهان هستند، وضع را طور دیگر تعبیر مینمایند. چون میدانند که در
روی زمین مسیر هر گلوله سهمی است تصور میکنند که خودشان در حوزه
جاذبه در حال سکونند و گلوله ای که از اطاقك آنان عبور کرده بطور
معمول نسبت بکف اطاقك يك سهمی ترسیم کرده است.

يك لحظه بعد، در همان حال که اطاقك در فضا صعود میکند، شعاع نوری از سو راخی که در يك دیوار است بدرون اطاقك میتابد و چون سرعت آن بسیار زیاد است در کسر بسیار کوچکی از ثانیه عرض اطاقك را طی میکند و بدیوار مقابل میرسد. اما در همان حال اطاقك اندکی بطرف بالا رفته است و در نتیجه نقطه اصابت نور بدیوار مقابل بمقدار خیلی مختصر، مساوی يك کسر خیلی کوچک سانتیمتر، پایین تر از نقطه ورود آن با اطاقك است. اگر کسانی که درون بالا رفته هستند به وسائل اندازه گیری بسیار دقیق مجهز باشند میتوانند انحنای نور را اندازه بگیرند. ولی مسئله این است که این انحنای را بچه حمل خواهند کرد و چگونه توضیح خواهند نمود؟ از حرکت اطاقك خود آگاه نیستند و خویش را در حوزه جاذبه بحال سکون می پندارند. اگر بقوانین نیوتن معتقد باشند و مسیر نور را خط مستقیم بدانند انحناء شعاع نور برایشان معمائی خواهد شد اما اگر با نظریه خاص نسبیتی آشنا باشند میدانند که هر کارمایه جرمی دارد که از رابطه $M = E/c^2$ بدست می آید و چون نور نوعی کارمایه است نتیجه آنکه نور جرم دارد و تحت تأثیر جاذبه واقع میشود و انحناء شعاع نور نتیجه جرم آن است.

اینشتاین از این مطالعات نظری نتیجه گرفت که نور هم، مانند هر جسم مادی دیگر، بهنگام عبور از حوزه جاذبه يك جسم صاحب جرم يك خط متحنی سیر میکند.

دانشمند بزرگ اظهار داشت که میتوان این نظریه را بوسیله رصد کردن نور ستارگان در حوزه جاذبه خورشید بمرحله آزمایش درآورد. چون ستاره ها در روز دیده نمی شوند تنها فرصتی که برای این آزمایش میتوان یافت وقتی است که، بهنگام کسوف، خورشید و ستاره ها را

میتوان باهم در آسمان دید. اینشتاین پیشنهاد کرد که از ستاره هائی که بهنگام کسوف در مجاورت قسمت تاریک خورشیدند عکس گرفته شود و با عکسهای همان ستاره ها که در مواقع دیگر گرفته شده باشد مقایسه گردد. بر طبق نظریه اومسیر نور ستارگان مجاور خورشید، در موقع عبور از حوزه جاذبه خورشید، بطرف داخل، یعنی بطرف خورشید خم میشود و در نتیجه تصویر آنها بنظر ناظری که در روی زمین است بطرف خارج، یعنی دورتر از وضع معمولی خود، تغییر جا خواهد داد. دانشمندان عالیه مقدار درجه انحرافی را که ممکن بود روی دهد حساب کردند و نتیجه گرفت که در مورد نزدیکترین ستاره ها بخورشید این انحراف در حدود قوس ۱٫۷۵ ثانیه خواهد بود. چون اینشتاین مبنای نظریه عام نسبیت خود را بر این آزمایش قرار داده بود در سراسر جهان دانشمندان با کمال نگرانی انتظار نتایج کار هیئتهای علمی را که برای گرفتن عکسهائی از کسوف ۷ خرداد ۱۲۹۸ (۲۹ مه ۱۹۱۹) رخت بنواحی استوائی کشیده بودند داشتند. وقتی که عکسها ظاهر شده و مورد مطالعه قرار گرفت معلوم شد که انحراف نور ستاره در حوزه جاذبه خورشید بطور متوسط ۱٫۶۴ ثانیه است و این عدد با آنچه که اینشتاین پیش بینی کرده بود تا حدودی که دقت وسایل کار اجازه میداد نزدیکی کامل داشت.



پیشگویی دیگری که اینشتاین بر مبنای نسبیت عامه کرده بود مربوط بزمان بود. پس از آنکه ثابت کرد که خواص فضاتحت تأثیر حوزه جاذبه قرار میگیرند تقریباً با دلایل مشابه، ولی مبسوط تر، باین نتیجه رسید که فواصل زمانی هم بوسیله حوزه جاذبه متأثر میگردند. اگر

ساعتی را بخورشید منتقل سازیم کمی کند تر از روی زمین کار خواهد کرد، و يك اتم خورشید که در حال تشعشع باشد نور را با تواتری اندکی ضعیفتر از اتمی از همان جنس که روی زمین باشد منتشر خواهد ساخت. در این حالت اختلاف طول موج بقدری كوچك است که قابل اندازه گرفتن نیست. اما در جهان میدانهای جاذبه ای قویتر از میدان خورشید یافته میشود. یکی از این حوزه های نیرومند ستاره شگفت آوری را که به «ندیم شعرای یمانی»^(۱) معروف است احاطه کرده است. این ستاره كوچك دارای جرم مخصوصی چنان عجیب است که يك سانتیمتر مکعب آن در روی زمین بیش از ۱۶۰ کیلو گرم وزن خواهد داشت^(۲). سنگینی فوق العاده این ستاره، که بیش از سه برابر زمین نیست، موجب پیدایش حوزه جاذبه ای گردیده است که توانائی آن دارد که حرکات ستاره شعرای یمانی را، که هفتاد برابر آن است، مختل کند. بعلاوه حوزه آن بقدری قوی است که میتواند تواتر تشعشع خودش را تا درجهای که قابل اندازه گرفتن باشد بطلی سازد و مشاهدات و مطالعات منظار الطیفی ثابت کرده اند که تواتر نوری که از شعری صادر میشود درست بهمان مقداری است که اینشتاین پیش بینی کرده بود. تغییر طول موج در طیف این ستاره که از طرف علمای هیئت «تأثیر اینشتاین»^(۳) نامیده شده است دلیل تازه و وسیله تحقیقی دیگری است بر صحت نسبیت عام.

Companion of Sirius (۱)

(۲) نباید فراموش کرد که يك سانتیمتر مکعب از سنگین ترین فلزات زمین در حدود بیست گرم وزن دارد یعنی هشت هزار مرتبه سبکتر است از جرم ستاره شعرای یمانی

The Einstein Effect (۳)

تا اینجا مفاهیم نسبیت عام همواره با حوادث ناشی از میدانهای جاذبه
 انفرادی سروکار داشته است. اما جهان پر است از تعداد بیشماری اجسام
 مادی از قبیل شهابها، ماهها، ستاره های دنباله دار، ابریها، و میلیاردها
 میلیارد ستاره هائی که بتبعیت از نظام خاصی بدور هم گرد آمده و تشکیل
 مجموعه ها و ابریها و کهکشانها داده اند. این پرسش بطور طبیعی پیش
 میآید که نظام کلی پیوسته فضا زمانی که همه این دستگاهها در آن حرکت
 میکنند چیست؟ یا عبارت ساده تر شکل و اندازه جهان کدام است؟ هر
 جوابی که بتازگی باین سؤال داده شده بطور مستقیم یا غیر مستقیم از اصول
 نسبیت عام سرچشمه گرفته است.

پیش از اینشتاین جهان مانند جزیره ای از ماده فرض میشد که در میان
 دریای بی انتهای فضا موج میزند. برای اثبات این مفهوم دلایل متعدد
 اقامه شده است. غالب دانشمندان در این عقیده همداستان بودند که جهان
 را پایانی نیست، چو اگر برای آن پایانی قائل میشدند بر فور این سؤال
 پیش آمد که در آن سوی انتهای جهان چیست؟ اما قانون نیوتنی بادیای
 بی انتهائی که ماده در آن بطور یکنواخت توزیع شده باشد سازگار نبود
 زیرا که در آن صورت مجموع نیروی جاذبه همه جرمهائی که در جهان

بی پایان جمع شده اند بی نهایت بزرگ میشد و بایستی آسمان بنور تعداد نامتناهی اجسام نورانی روشن شده باشد. بعلاوه بچشم ضعیف فرزند آدم چنین میرسید که در آنسوی کهکشان تعداد روشنان فلک بکمی میگراید و ستاره های تك تك، دور از یکدیگر، مانند چراغهایی در کنار مرزهای فضای لایتناهی پراکنده اند. اما وجود جزیره جهانی اشکالاتی هم داشت: مقدار ماده ای که در جهان وجود داشت در مقابل عظمت آن چنان ناچیز بود که بناچار قوانینی که حاکم بر حرکت کهکشانها بود آنهارا مانند قطرات آبی که در ابر است پراکنده میساخت و جهان بکلی تهی میشد.

تصور این انحلال و نابودی بهیچ روی بنظر اینشتاین مقنع و قابل قبول نبود. بنظری اشکال اساسی در این بود که آدمی بطور طبیعی و بی آنکه دلیلی پیدا کند نظام عالم را مطابق آنچه که بر روی زمین خاکی تحت تأثیر حواس وی واقع میگردید فرض میکرد. مثلاً ما بر استی خیال میکنیم که دو شعاع متوازی نور در فضا سیر میکنند بی آنکه هرگز یکدیگر را تلافی نمایند، بدلیل آنکه در صفحه نامحدود هندسه اقلیدسی دو خط متوازی هیچگاه یکدیگر نمیرسند. همچنین ما تصور میکنیم که در فضای خارجی هم، مانند زمین بازی، اقصر فاصله بین دو نقطه خطی است مستقیم، حال آنکه اقلیدس هیچگاه عملاً ثابت نکرده است که خط راست اقصر فاصله است و اقصر فاصله بودن بین دو نقطه را تعریف خط راست قرار داده است.

پس اینشتاین از خود پرسید که آیا ممکن نیست که انسان در ادراکاتی که نتیجه سنجیدن جهان با قواعد هندسی اقلیدسی است دچار اشتباه شده باشد؟ زمانی بود که انسان زمین را مسطح میدانست، اما امروز میدانند که زمین کروی است و بر روی سطح این کره کوتاهترین

راه بین دو نقطه، مثلاً لندن و نیویورک، خط مستقیمی نیست که از وسط اقیانوس اطلس کشیده شده باشد بلکه قوسی از دایره عظیمه ایست که در جانب شمال از «نواسکوشیا» (۱) و «نیوفاوندلند» (۲) و ایسلند (۳) میگذرد. پس تا آنجا که سخن از بسیط زمین است احکام هندسی اقلیدسی



جاری نیست. مثلث عظیمی که بین استوا و دو قوس دایره بزرگ که بر قطب بگذرند تشکیل شود در این قضیه هندسه که مجموع زوایای مثلث دو قائمه است صدق نمیکند و نگاهی که بشکل بیفکنیم برای اثبات این مطلب که مجموع زوایای آن از ۱۸۰ درجه بیشتر است کافی است. و اگر کسی بر روی زمین دایره بزرگی ترسیم کند خواهد دید که نسبت محیط آن بقطرش از عدد معروف π (پی) کوچکتر است. این انحراف از اصول اقلیدسی نتیجه انحناء زمین است. هر چند امروز در منحنی بودن

زمین تردیدی نیست انسان برای پی بردن بآن محتاج نبوده است از زمین خارج شود و بآن نظاره کند، بلکه اثبات انحناء کرهٔ خاکی بنحو منجز با استفاده از حقایق مشهود و تعبیر ریاضی آنها میسر است. بهمین ترتیب اینشتاین با استفاده از حقایق نجومی و استنتاج از آنها نتیجه گرفت که جهان، برخلاف تصور اکثر دانشمندان، نه بی پایان است و نه اقلیدسی، بلکه چیزی است که قبل از این بتصور در نیامده بوده است.



گفتیم که احکام هندسهٔ اقلیدسی در حوزهٔ جاذبه جاری نیست. شعاعهای نور بهنگام عبور از یک حوزهٔ جاذبه بخط مستقیم سیر نمیکنند زیرا که نظام حوزه ایجاب میکند که در آن خط مستقیم نباشد؛ کوتاهترین راهی که شعاع نور در درون حوزه می پیماید قوسی از دایرهٔ بزرگی است که تابع ساختمان هندسی حوزه است. از اینکه ساختمان حوزه جاذبهٔ هر جسم بستگی بجرم و سرعت آن دارد نتیجه میتوان گرفت که ساختمان هندسی جهان بر رویهم باید عبارت از مجموع محتویات مادی آن باشد، زیرا که هر تمرکز ماده ای در جهان مطابقت دارد با انحرافی در پیوستهٔ فضا زمان. هر جسم آسمانی و هر کهکشان، مانند گردبادهایی که در اطراف جزایر میوزند، موجب يك بی نظمی در فضا زمان میگردد. هر چه ماده متمرکزتر باشد انحناء فضا زمان، که نتیجهٔ تمرکز ماده است، بیشتر میشود. و نتیجهٔ کلی انحنائیست که بر همهٔ پیوستهٔ فضا زمان احاطه دارد و انحراف کلی که از جرمهای بیشمار مادهٔ پراکنده در جهان نتیجه میشود پیوستهٔ فضا زمان را مجبور میسازد که بشکل يك سطح منحنی محدود بسیار عظیم در آید.

پس جهان اینشتاین غیر اقلیدسی و محدود است و همچنانکه اگر کرمی که در خاک می‌لارد همواره بخط مستقیم پیش رود زمین در نظرش مستوی و بی‌پایان جلوه میکند در نظر محدود انسان خاکی هم ممکن است شعاع نور الی غیر النهایه در خط مستقیم سیر نماید. اما تبعیت زمین از هندسه اقلیدسی در نظر انسان، و مستوی بودن زمین در نظر کرم، هر دو ناشی از محدود بودن حواس آنهاست. در جهان اینشتاین خط مستقیم وجود ندارد و همه جا صحبت از دایره عظیمه است. فضا، هر چند بی‌پایان نیست، حدی ندارد و شاید مرد ریاضی دان خصیصه هندسی آنرا همانند سطح کره‌ای داند که با چهار بعد توصیف شده باشد. برای اینکه با عبارت تحقیقی تری مطلب را بیان کنیم عین گفته، فیزیک دان فقید انگلیسی، سر جیمس جنس^(۱) را نقل میکنیم:

« شاید بهترین وجه برای اینکه جهانی را که تئوری نسبیت در نظر ما ظاهر می‌سازد، با وسایل ساده و مانوس، توصیف کنیم و مجسم سازیم این باشد که آنرا بحباب صابونی تشبیه نمائیم که در سطح خود پراز چین و شکن باشد. جهان داخل حباب صابون نیست بلکه سطح آن است ولی باید همواره بخاطر داشته باشیم که سطح حباب صابون دو بعدی است در صورتیکه حباب جهان چهار بعد دارد، سه بعد فضا و یک بعد زمان. و ماده ای که این حباب از آن بوجود آمده است، یعنی صابون، در اینجا فضای خالی است که بازمان خالی جوش خورده و عجین شده است.»

همچنانکه بیشتر مفاهیم علم جدید، مثلاً فوتون و الکترون، را نمی‌توان مجسم ساخت تجسم جهان محدود کروی اینشتاین ممکن نیست.

آنقدر بزرگ است که بتواند میلیاردها کهکشان را دربر گیرد که هر یک بنوبه خود شامل صدها میلیون کواکب فروزان و مقادیر بیرون از شماری گازهای رقیق و دستگاههای سرد آهن و سنک و غبار فلکی است. شعاع نوری که با سرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلو متر در ثانیه طی مسافت کند دایره عظیمه‌ای در این جهان سیر می نماید و در مدتی اندکی کمتر از ۲۰۰ میلیارد سال زمینی بنقطه عزیمت خود باز می‌رسد.

زمانی که اینشتاین دستگاه جهان شناسی خویش را عرضه کرد خود از يك پدیده نجومی ، که چند سال بعد تعبیر گردید ، بی خبر بود . وی فرض میکرد که حرکت ستارگان و کهکشانها ، مانند جابجاشدن ملکولهای يك گاز ، برهرفه و بیهوده است وقاعده و ترتیبی ندارد و چون ، در حرکت آنها وحدتی نمیدید بکلی آنرا نادیده انگاشت و جهانرا در حال سکون و تعادل پنداشت . اما علمای هیئت کم کم متوجه میگردیدند که در کهکشانها - های بسیار دور ، که در آخرین حدود دور بین های نجومی آنان دیده میشدند ، حرکات منظمی دیده میشود . این کهکشانهای دور دست ، یا « جزایر جهانی » ، بظاهر از دستگاه شمسی و از یکدیگر دور میشوند . فرار مرتب این کهکشانها ، که نزدیکترین آنها در فاصله پانصد سال نوری از ما قرار دارد ، بکلی با حرکت آرام دستگاههای جاذبه ای نزدیک تفاوت دارد . این حرکات منظم ممکن است در انحناء جهان تاثیر داشته باشند .

پس جهان در حال سکون و تعادل نیست و ، مانند حباب صابون یا بادکنکی که بزرگ میشود ، در کار توسعه است . شباهتی که بآن اشاره گردید کامل نیست زیرا که اگر فی المثل جهانرا بیاد کنکی که دارای

خالهائی باشد) این خالها نمایندهٔ ماده‌ای هستند که در جهان پراکنده است) البته انتظار داریم که وقتی باد كُنك بزرگ شود خالها هم بزرگتر شوند. اما چنین چیزی نمی‌شود، زیرا که در این صورت بزرگ شدن جهان معلوم و محسوس نخواهد شد. لابد شنیده‌اید و میدانید که اگر کسی در محیطی باشد و تمام آن محیط یکسان و یکنواخت منبسط یا منقبض گردد او بهیچوجه متوجه آن نخواهد شد. پس، همچنانکه رابرتسن^(۱) دانشمند جهان-شناس مؤسسهٔ فنی کالیفرنیا^(۲)، گفته است اگر جهان را باد كُنك خالداري انگاریم، خالها را باید وصله‌های غیر قابل اتساعی فرض کنیم که بر روی آن تعبیه شده باشند و همانطور که اگر چنین باد كُنكي اتساع یابد و بزرگ شود وصله‌ها تغییر نخواهند کرد جهان توسعه پیدا می‌کند اما اجسام مادی که در آن هستند تغییر نمی‌کنند و بزرگ نمی‌شوند.

این پدیدهٔ عجیب جهان‌شناسی را بغایت بغرنج و دشوار ساخته است. اگر تجزیه‌های منظار الطیفی که مبین دور شدن کهکشانها هستند، همچنانکه بسیاری از علمای هیئت می‌پندارند، صحیح باشند سرعت دور شدن آنها تقریباً باور کردنی نخواهد بود. ظاهراً این سرعت با مسافت زیاد میشود. کهکشانهای نزدیکتر که در فاصلهٔ يك ملیون سال نوری هستند، با سرعت مختصر ثانیه‌ای ۱۵۰ کیلومتر، و آنهایی که در فاصله ۲۵۰ ملیون سال نوری قرار دادند با سرعت سرسام‌آور ثانیه‌ای چهل هزار کیلومتر، یعنی تقریباً يك هفتم سرعت نور، دور می‌گردند. از آنجائیکه این کهکشانها پیوسته از یکدیگر، وازما، دور میشوند میتوان فرض کرد که

H. P. Robertson (۱)

California Institute of Technozogy (۲)

زمانی، در عمر جهان، آنان دور یکدیگر جمع بوده و توده واحد سوزانی تشکیل میداده اند. و اگر شکل هندسی فضا تابع ماده محتوی در آن باشد در چنین زمانی، یعنی جهان پیش از تشکیل کهکشانها، بایستی بصورت ظرفی باشد دارای انحنا بسیار که در آن ماده بوضع بسیار فشرده قرار گرفته و دارای وزن مخصوصی غیر قابل تصور بوده باشد. محاسباتی که از مطالعه سرعت فرار کهکشانها نتیجه شده است نشان میدهد که گریز آنها از مرکز آن جهان متراکم و منقبض بایستی که در دو میلیارد سال پیش آغاز شده باشد.



جهان شناسان و دانشمندان هیئت برای توضیح مسئله اتساع جهان فرضیات گوناگون کرده اند. یکی از این فرضیه ها مربوط به لومتر (۱)، کشیش و جهان شناس بلژیکی است که جهان را منبعث از یک اتم شکفت انگیز تنها میداند که در آغاز وجود داشته و بعداً منفجر و منبسط گردیده و جهانی را که هنوز در کار انبساط است بوجود آورده است. فرضیه مشابه دیگری مربوط به دکتر جرج گمو (۲) استاد دانشگاه جرج واشنگتن (۳) است که بتفصیل بیان میکند که چگونه عناصر تشکیل دهنده جهان بایستی قبل از شروع بانبساط در داخل هسته مرکزی آن، که در حال سوز و گداز بوده است، بوجود آمده باشند. دکتر گمو معتقد است که در آغاز کار هسته مرکزی جهان جهنمی بوده از بخارهای یکنواخت و سوزان و درجه حرارتش باندازه ای زیاد بوده که پس از آن، حتی در مرکز ثوابت، نظیر آن وجود

Abbé Lemaître (۱)

Dr. George Gamow (۱)

George Washington University (۳)

نداشته و ندارد). باید دانست که حرارت خورشید، که ستاره ثابت متوسطی است، در سطح آن در حدود ۵۵۰۰ درجه و در مرکز آن نزدیک به ۴۰۰۰۰۰۰ درجه است). در چنین حرارتی نه ملکول بود و نه اتم، هیچ چیز نبود جز فوترون های آزاد، آنهم در وضعی درهم و بسیار آشفته. هنگامیکه جرم جهانی شروع بانبساط کرد درجه حرارت و بتنزل گذاشت و وقتی که به حدود یک میلیارد درجه رسید فوترون ها متکاثف شدند و بصورت توده هایی درآمدند و الکترون هایی پدید آمدند که به هسته مرکزی پیوستند و اتم ها را بوجود آوردند. باین ترتیب همه عناصر جهان در لحظات بحرانی کوتاهی، در سپیده دم خلقت جهان، بوجود آمدند و نقشی که باید در دو میلیارد سالی که جهان همچنان بتوسعه ادامه داده است ایفا کنند معین گردید.

تئوری دیگری که بر نظریه های قبلی از نظر تاریخ مقدم است و چند سال قبل بوسیله دکتر تولمن^(۱)، عضو مؤسسه فنی کالیفرنیا^(۲)، اظهار شده است مبتنی بر این فرض است که انبساط جهان امری است موقتی و ممکن است زمانی، در عمر جهان، تبدیل بانقباض شود. بر طبق این نظریه جهان بمثابه باد کنکی است که، مانند ضریان نبض، متوالیاً حالت انبساط و انقباض پیدا میکند و تادنیاد نیاست چنین بوده است و خواهد بود. این دوره - های انبساط و انقباض بستگی به تغییرات مقدار ماده موجود در جهان دارد، زیرا که، همانطور که اینشتاین ثابت کرده است، انحناء عالم تابع محتویات آن است. اشکال این نظریه اینست که مبنای آن بر این فرض است که

Dr . R . C . Tolman (۱)

California Institute of Technology (۲)

ماده در جامی، در همین جهان، تشکیل شده است. هر چند مسلم است که مقدار ماده در جهان در تغییر است اما تغییر آن فقط در یک جهت است، یعنی در جهت زوال. تمام پدیده های طبیعت، اعم از مرئی یا نامرئی و اعم از داخل اتم یا در فضای خارج، دلیل بر این امرند که ماده و کارمایه جهان، بطور قطع و مسلم، مانند بخار در این فضای تهی که هیچگاه سیر و پرنخواهد شد پراکنده میگردند. خورشید بکندی، اما بیقین میسوزد، و هر اختر بصورت اخگری که در شرف خاموشی است در میآید، و گرمی همه جا بسردی میگراید، و ماده بصورت تشعشع از میان میرود، و کارمایه در فضای لایتناهی پراکنده میشود.

باین ترتیب جهان بسوی مرگ نهائی، یا بعبارت علمی تر بطرف وضعی که « حد اعلاى انتروپی »^(۱) نام دارد پیش میرود. وقتی که، چند میلیارد سال دیگر، جهان بچنین وضعی برسد، همه عوارض طبیعی از میان خواهند رفت، همه فضا دارای يك درجه حرارت خواهد بود؛ کارمایه - ای نخواهد بود که کاری از آن خواسته یا ساخته، شود زیرا که آنچه کارمایه بوده بطور منظم در فضا پراکنده شده است؛ نه نور خواهد بود و نه زندگی و نه گرمی. آنچه خواهد بود رکود دائمی و غیر قابل تغییر است. زمان خود نیز پایان خواهد رسید زیرا که انتروپی جهت زمان را نشان میدهد؛ انتروپی مقیاس و معیاری هدفی و سرگردانی است. وقتی که هر دستگاه و هر نظامی از جهان رخت بربشد، وقتی که بی هدفی و سرگردانی بحد اعلاى رسد و برای انتروپی امکان افزایش نماند، وقتی که دیگر از تسلسل علت و

(۱) Maximum Entropy، انتروپی يك عامل ریاضی است که در حقیقت در دستگاه ترمودینامیک مقیاس کارمایه است که حصول به آن امکان ندارد

معلول اثری وجود نداشته باشد ، خلاصه وقتی که دنیا با آخر رسد جهتی برای زمان باقی نخواهد ماند ، یعنی زمانی نخواهد بود . برای احترام از از این سر نوشت راهی و وسیله ای نیست ، زیرا که اصلی که بقانون دوم ترمودینا میک معروف است و امروزه تنها ستونی از فیزیک کلاسیک است که سیر علم در آن تغییری نداده است ، اعلام میدارد که روشهای اصولی طبیعت قابل برگشت نیست و طبیعت فقط در یک جهت سیر میکند .

اما محدودی از علمای نظری معاصر معتقدند که ممکن است ، علی - رغم علم و اطلاع محدود بشری ، دنیا بوضعی تجدید شود . اصل «هم ارزی جرم و کارمایه» که از طرف اینشتاین وضع گردیده است امکان این فرض را بوجود میآورد که تشعشعی که در فضا پراکنده میشود بار دیگر بصورت ذرات ماده - یعنی الکترون و پوزیترون و ملکول - متکاثف و متراکم گردد و واحدهای بزرگتری تشکیل دهد که بنوبه خود ، تحت تأثیر جاذبه خویش بصورت ابریه و ستاره ها و کهکشانها در آیند . و باین ترتیب دور تسلسل حیات در جهان الی الابد ادامه یابد . در حقیقت تجربیاتی که در آزمایشگاهها شده ثابت کرده است که ممکن است فوتونهای تشعشعات کارمایه های برتر ^(۱) ، مانند شعاعهای گاما ، در تحت شرایط معینی بر یکدیگر تأثیر کنند و جفتهای الکترون و پزیترون ^(۲) بوجود آورند . بعلاوه ستاره شناسان بتازگی کشف کرده اند که اتمهای عناصر سبکتری که در فضا در حرکتند ، مانند دیرژن ، هلیوم ، اکسیژن ، ازت و کربن ، ممکن است با آرامی مجتمع شوند و بصورت ملکولها یا ذرات ذره بینی غبار یا

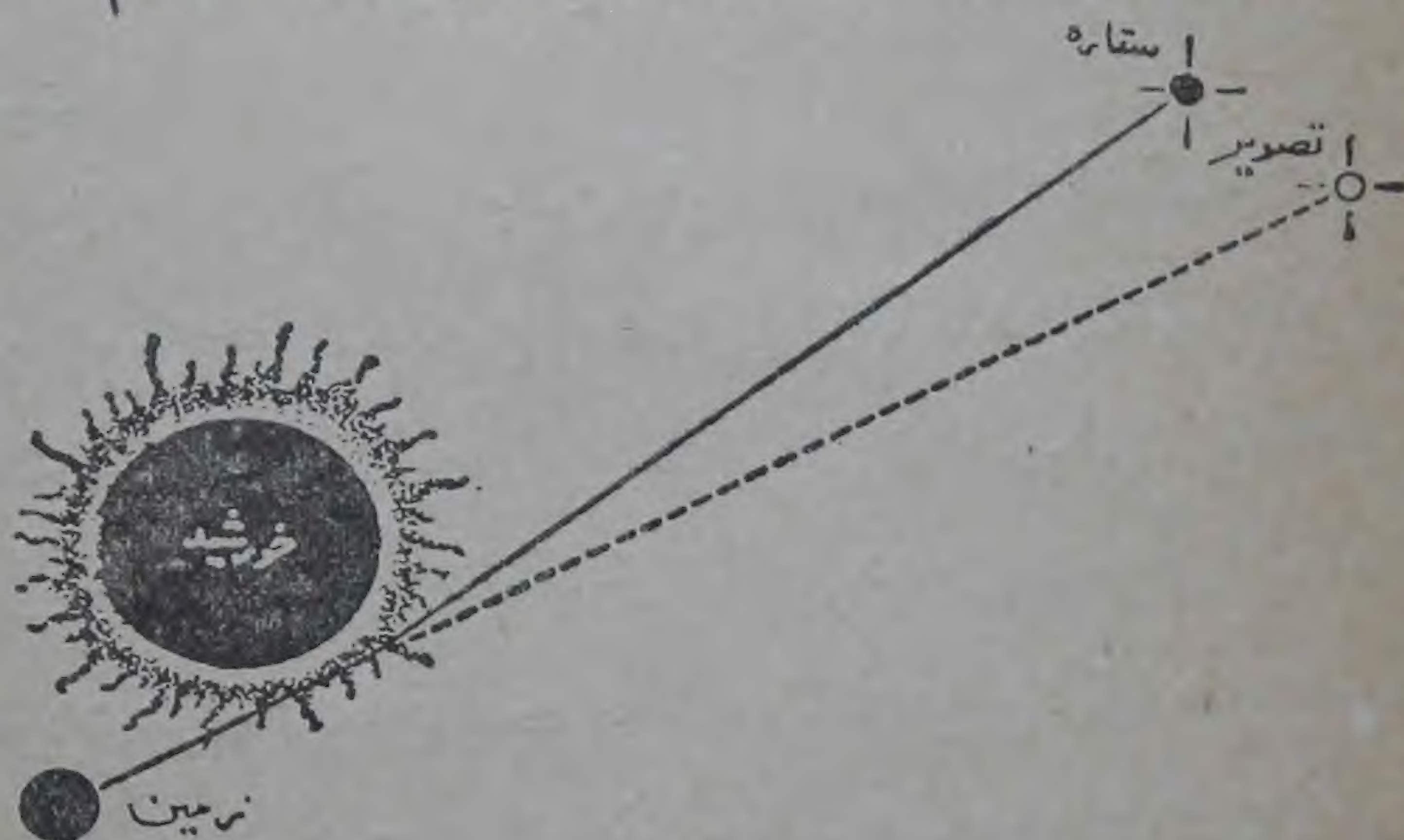
(۱) High - energy

(۲) Positron ذره ای که جرم و مقدار مایه الکتریکی آن مساوی الکترون است



کهکشان ما ، که بشکل کمر بندی گوهر نشان در آسمان بی پایان دیده میشود ، اقیانوس بیکرانی است که صدها ملیون خورشید و مجموعه و منظومه ستارگان و ابرها دربر دارد . منظومه شمسی ما خود در داخل این کهکشان به سیر بی انتهای خویش ادامه میدهد . خورشید رخشان ما نه تنها مرکز جهان ، بلکه مرکز کهکشان ما هم ، نیست و از هسته مرکزی کهکشان در حدود سی هزار سال نوری فاصله دارد . قسمتهای تاریکی که مانند شکاف و پارگی در گنبد آسمان تجلی میکنند در حقیقت ابرهای غباری هستند که در صفحات ۱۲۰ و ۱۲۱ درباره آنها صحبت شده است .

گاز در آیند. باز هم تازه تر از این، دکتر فرد ویپل^(۱)، استاد دانشگاه هاروارد، در فرضیه «ابر غبار»^(۲) که به سال ۱۹۴۸ اشتهار یافت، بیان کرده است که چگونه غبار دقیق کیهانی که در فضای بین ستاره ها در حال تعلیق است، و جرمش مساوی است با جرم تمام اجسامی که دیده میشوند، ممکن است در طی یک میلیارد سال متکاثف شود و بصورت ستاره‌هایی در آید. بنابر عقیده ویپل این ذرات بسیار ریز غبار، که قطرشان از یک صدویست و پنج هزارم ($\frac{1}{625000}$) سانتیمتر تجاوز نمیکند، فقط بر اثر فشار نور ظریف ستارگان بسوی یکدیگر رانده و نزدیک میشوند، همانقسم که دم بسیار



دقیق ستاره دنباله دار فقط در نتیجه تماس فوتونهای نور خورشید منحرف میگردد و از خورشید دور میشود. چون ذرات بگرد یکدیگر در آیند نخست مجموعه‌ای، سپس ابرچهای و سرانجام ابری تشکیل میگردد. وقتی که ابر بسیار بزرگ شد، یعنی وقتی که قطرش از هزار میلیارد کیلومتر تجاوز کرد، جرم و وزن مخصوص آن برای بمنصه ظهور رسانیدن یک سلسله

Dr Fred L. Whipple (۱)

Dust Cloud Hypothesis (۲)

تغییرات فیزیکی دیگر کافی خواهند بود. نیروی ثقل ابر را بناچار متراکم خواهد ساخت و تراکم آن موجب بالا رفتن فشار و درجه حرارت داخلی آن خواهد شد. شاید این ابر در آخرین مرحله تراکم و انقباض خود، که از شدت گرم شدن سفید میشود، مانند ستاره‌ای درخشیدن گیرد. ممکن است فرض شود که منظومه شمسی ما در تحت شرایط خاص بهمین ترتیب بوجود آمده است. خورشید ما ستاره مورد بحث است و سیارات مختلف اجرام سردی هستند که در اطراف آن تشکیل گردیده اند و هر یک از یک ابرچه فرعی که در داخل ابر اصلی حرکت مارپیچی داشته است بوجود آمده است.

چون فرض وقوع چنین حوادثی محتمل است ممکن است باین مفهوم رسید که جهان در طی ادوار بی انتهای زمان پیوسته تجدید شود و دوره های تشکیل و انحلال، روشنائی و تاریکی، نظم و بی نظمی، گرمی و سردی و انبساط و انقباض را پی در پی از سر گیرد. اما این فرض هنوز مورد قبول عده زیادی نیست زیرا که دلایل مقنعی بر صحت آن اقامه نمیتوان کرد. هر چند ابرهای غبار بابعاد مختلف و وزن مخصوصهای گوناگون در فضای بین ستارگان مشهود هستند با علم ناقص بشری بضرر قاطع نمیتوان حکم کرد که در آینده ستاره هائی از آنها زاده خواهد شد، همچنان که وقتی قطعه ابری در آسمان لاجوردی زمین ما ظاهر میگردد نمیتوان پیش بینی کرد که فردا طوفانی سهمگین از آن نتیجه خواهد شد یا باد آنرا پراکنده و نابود خواهد ساخت. اما گذشته از حد سبائی که درباره مبداء منظومه شمسی، یا ستاره های دیگر، یا هر چیز که جزئی از طبیعتی است که در دامانش زندگی میکنیم میتوان زد در باره این فرض که جهان

ممکن است از نو ساخته شود اشکالات هم نظری و هم تجربی وجود دارد. در طبیعت بی روح هیچ چیز را نمی توان بطور تحقیق جزء يك دستگاه آفریننده دانست. مثلاً زمانی فکر می شد که اشعه مرموز کیهانی، که پیوسته از خارج زمین ما را بمباران میکنند، محصول دستگاهی باشند که اتم بوجود می آورد. اما دلایل متقن تری در دست است برای اینکه آنها را محصول دستگاههایی بدانیم که اتم را از میان میبرند. در حقیقت همه چیز، یعنی هر چیز که در طبیعت قابل رویت یا در فرضیه علمی قابل تصور است، موید این فکر است که جهان بی تردید بسوی پایان خود، که تاریکی و زوال است، سیر میکند.

در اینجا يك نتیجه فلسفی مهم میتوان گرفت: اگر جهان به نیستی گراید و طبیعت فقط در يك جهت سیر کند بی شك باید قبول کرد که هر چیز آغازی دارد و بناچار زمانی از جایی تبدلات جهانی آغاز گردیده و آتش کواکب افروخته شده و این جهان پر طمطراق قدم بعرصه وجود گذاشته است. از این گذشته، بیشتر امارات و علائمی که در داخل یا خارج مرزهای علم و فهم و استعداد ما کشف گردیده اند بر تاریخ معینی برای آفرینش دلالت میکنند. سرعت تغییر ناپذیری که با آن اورانیوم کارمایه اتمی صادر میکند و فقد هر گونه آثاری برای تعیین نحوه بوجود آمدن آن دلیلی است بر اینکه این فلز در زمان معینی بوجود آمده است و علمای ژئوفیزیک (۱) آن زمان را بدو میلیارد سال پیش تخمین زده اند. سرعتی که با آن تغییرات حرارتی و اتمی درون ستارگان موجب تبدیل ماده

(۱) ژئوفیزیک یا فیزیک زمین « علمی است که در آن از عواملی بحث میشود که موجب تغییراتی در زمین میگردند.

به تشعشع میشود و بعلمای هیئت فرصت داده است که بادقت کافی طول عمر
 کواکب را معین کنند و عمر متوسط اغلب ستاره هائی که امروز در آسمان
 دیده میشوند دو میلیارد سال تخمین گردیده است. پس نتیجه محاسبات
 و مطالعات علمای ژئوفیزیک و آستروفیزیک^(۱) بوضع جالبی باین نتیجه
 حسابهای جهان شناسان، که باتوجه بسرعت ظاهری دور شدن کهکشانها
 عمر جهان را دو میلیارد سال دانسته اند، وفق میدهد. در برخی قسمتهای
 دیگر علوم هم نشانه های دیگری است که در محاسبه بهمین نتیجه میرسد.
 پس همه قرائن و اماراتی که بر زوال آینده جهان است دلالت دارد بر اینکه
 هم جهان را آغازی بوده است که تاریخ آن معین است.
 حتی اگر باین فکر دلبسته و سر سپرده باشیم که جهان متوالیاً از
 هستی به نیستی میگراید و باز از نیستی به هستی می آید و خورشید و زمین
 و برخی دیگر ستارگان نسبت بدیگران تازه بوجود آمده اند باز موضوع اصل
 و آغاز جهان همچنان قابل توجه و دقت خواهد بود، نهایت آنکه تاریخ خلقت
 را بسیار دور خواهد برد. با آنکه علمای نظری درباره تشکیل کهکشانها،
 ستاره ها، غبار ستاره ها، اتم و حتی عوامل ترکیب کننده اتم محاسبات
 بسیار دقیق کرده اند مبنای همه فرضها بر این است که در آغاز چیزی
 وجود داشته است، خواه نو و تر و نهایی آزاد، یا کارمایه کوانتا، یا چیزی
 که فهم و درک آن برای ما میسر نیست اما مایه جهان و جوهر آفرینش بوده
 و این همه چیزهای رنگارنگ و متنوع از آن حاصل گردیده و نتیجه شده است.

بیشتر جهان‌شناسان در بارهٔ مبدأ آفرینش خاموشی میگزینند و این مسئله را برای فلاسفه و الهیون میگذارند. اما از میان دانشمندان جدید فقط کسانی که صرفاً از اصحاب تجربه اند^(۱) بر از نهانی که پی و اساس حقیقت فیزیکی است پشت میکنند. اینشتاین، که فلسفهٔ علمیش گاهی بعنوان مادی بودن بیاد انتقاد گرفته شده، زمانی چنین گفته است:

«زیباترین و عمیقترین احساسی که ممکن است بما دست دهد حس عرفانی است. او است که تنخم همهٔ علوم واقعی را در دل‌های افشانند. کسی که از این حس بی‌خبر است، کسی که دیگر نمیتواند دستخوش حیرت شود یا بحالت بهت زدگی در آید، گوئی مرده است. باید دانست که چیزی وجود دارد که ممکن نیست مابه‌کنه آن پی ببریم، و بصورت بالاترین کمالها و خیره‌کننده‌ترین جمالها تجلی میکند، حال آنکه استعدادها و حواس محدود ما جز بدرک مقدماتی ترین و ساده‌ترین صور این کمال و جمال قادر نیستند. این دانش و این حس را باید در ایمان واقعی جستجو کرد.»

و در جای دیگر چنین اظهار داشته است: «مطالعاتی که از جنبه مذهبی برای درك حقایق جهان شده است نیر و مندترین و شریفترین شاه فنر تحقیق و تتبع علمی است». غالباً دانشمندان وقتی که از اسرار جهان و نیروهای شگرف و مبدا و منشأ و نظم و ترتیب و هم آهنگی آن سخن میگویند سعی میکنند که از گفتن کلمه «خدا» اجتناب کنند. اما اینشتاین، که معترف است که منکر خداست، چنین نیست. وی میگوید: «مذهب من تکریم جوهر اعلای بی حدود انتهای است. که در هر جزئی ترین چیزی که ما با عقل ناچیز و ضعیف خود درك میکنیم تجلی میکند. آنچه من از خدا تصور میکنم همین علم یقین بوجود يك نیروی عاقله بالاتر از «خیال و قیاس و گمان و وهم» است که در دنیای بیرون از فهم ما مشهود است.»

تا آنجا که از جنبه علمی مطالعه میکنیم در حال حاضر دو روزنه امید برای نزدیکی بیشتری به حقیقت فیزیک در مد نظر است یکی تلسکوپ بزرگ تازه ایست که بزودی از رصدخانه کوه پالومار^(۱) در کالیفرنیا، متوجه اعماق آسمانها خواهد شد و قسمتهایی از فضای بی انتهای مکان و زمان را در «چشم رس» فرزندان آدم خواهد گذاشت که ستاره شناسان نسل گذشته تصور آنرا هم نمیتوانستند کرد. تا کنون دورترین چیزی که با تلسکوپ دیده شده است کهکشانهایی است که نور ضعیف آنها از فاصله پانصد میلیون سال نوری بعاد میرسد. اما عدسی پنج متری ایمنی رصدخانه پالومار این فاصله را دو برابر خواهد کرد و بشر را قادر خواهد ساخت که آنچه را در این حد است رصد کند و مطالعه نماید. شاید محصول آن باز هم مشاهده اقیانوسهای بیگناخت فضا باشد که هزاران کهکشان دور دست

که نور که پنجاه سال آنها از فاصله هزار میلیون سال نوری بزمین برسد در آن شناور باشند. شاید هم چیزهای دیگری مشهود افتد، مثلاً تغییر وزن مخصوص ماده یا یک قوس جهانی که یکمک آن بشر بتواند بادقت ابعاد جهان بیکرانی را، که یکی از بیهوده‌ترین موجوداتش خود او است، اندازه بگیرد.

روزنه دیگر بطرف این علم «نظریه حوزه یکی شده» است که اینشتاین از یک ربع قرن پیش مساعی خود را برای تکمیل آن بکار میبرد. امروز حدود خارجی دانش انسانی بوسیله نسبیت و حدود داخلی آن بوسیله نظریه کوانتوم تعیین میگردد. نسبیت قالبی است برای همه آنچه که ما از فضا و زمان و جاذبه و حقایق دیگری، که آنقدر دور یا وسیعند که تحت مشاهده مادر نمی آیند، میفهمیم و استنباط میکنیم؛ نظریه کوانتوم قالب مستدرکات و مفاهیم ماست از اتم، واحدهای اصلی ماده، و کارمایه و حقایق دیگری که گریز پاتر یا کوچکتر از آنند که ما بمشاهده آنها قادر باشیم. اما بنیان این دو دستگاه بزرگ علمی بر روی شالوده های نظری قرار دارد که بکلی بایکدیگر متفاوت و بی ارتباطند.

بعبارت دیگر، چنان که دیدیم این دو دستگاه بیک زبان سخن نمیگویند و ادای مقصود نمیکنند. هدف «نظریه حوزه یکی شده» آن است که بین آنها پلی بسازد و آنها را بهم مربوط کند. اینشتاین که به هم آهنگی و یکنواختی طبیعت ایمان دارد بنای واحدی از قوانین فیزیکی بر پا کرده است که هم پدیده های اتم و هم نمود های جهان خارجی را در بر گیرد و در «بی نهایت کوچک» و «بی نهایت بزرگ»، هر دو، نافذ و صادق باشد.

هنوز خیلی زود است که بتوان پیشگوئی کرد که «نظریه حوزه یکی شده» چه مناظر غیر منتظره ای از طبیعت را در برابر چشم بشر خواهد گسترده و پرده از کدام رازهای نهان آن بر خواهد گرفت. اما آنچه مسلم است کوچکترین کار آن متحد ساختن قوانین جاذبه و قوانین برق و مغناطیسی و تابع ساختن آنها بیک قانون جامع جهانی خواهد بود. بهمان راهی که نسبیت نیروی جاذبه را بشکل یک خاصیت هندسی پیوسته فضا زمان در آورد «نظریه حوزه یکی شده» هم نیروی مهم دیگر، یعنی نیروی برق و مغناطیسی، را بهمان هیئت در خواهد آورد. اینشتاین گفته بود که «این فکر که در فضا دو چیز، یکی بنام جاذبه و دیگری بنام برق و مغناطیس، وجود داشته باشد که بکلی از یکدیگر مستقل و متمایز باشند برای صاحبان نظر قابل تحمل نیست. اما با همه کوششی که دانشمندان بزرگ کرده نتوانست قوانین حوزه برق و مغناطیسی را مشمول نسبیت عمومی قرار دهد. اکنون، پس از سی سال تفحص بی انقطاع و کوشش مداوم، که بکمک منطق ریاضی انجام شده است، بنظر میرسد که بمنظور و هدف خود واصل شده باشد. ممکن است این پرسش پیش آید که آیا دیگر قوای جاذبه و برق و مغناطیس، از نظر فیزیکی، یک چیزند؟ جواب مثبتی که باین پرسش داده شود دقیقتر از آن نیست که یخ و آب و بخار را، که تجلیات مختلف یک ماده اند، «یک چیز» بدانیم. کار «نظریه حوزه یکی شده» اثبات این مطلب است که نیروهای برق و مغناطیسی و جاذبه از یکدیگر مستقل و بایکدیگر بی ارتباط نیستند بلکه، بمعنی حقیقی فیزیکی، میتوان آنها را از هم «جدائی ناپذیر» خواند. توضیح آنکه در این نظریه نیروهای جاذبه و برق و مغناطیسی بصورت واقعیت عمیقتری

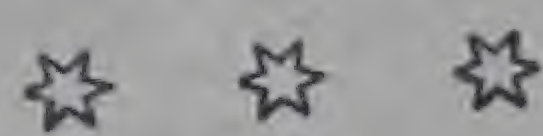
که شامل هر دوی آنهاست ، توصیف میشوند و حوزه های جاذبه و برق -
 و مغناطیسی جزء يك حوزه اساسی کلی قرار میگیرند و بصورت دو مظهر
 یاد و وضع زود گذر و ناپایدار در میآیند .

هر گاه آزمایشهای آینده اطلاق کامل « نظریه حوزه یکی شده »
 را مسلم سازند و قوانین فیزیک کوانتوم نیز از معادلات آن نتیجه گردند
 بی شبهه اطلاعات و معلومات بسیار مهم و قاطع جدیدی در باره ترکیب
 ماده و ساختمان ذرات اولیه و کیفیت دستگاه تشعشع و راز های نهفته
 دیگر جهان وراء اتم حاصل خواهد شد . ولی این نتایج مهم در حکم
 فروع خواهند بود و اصل همان است که از صفتی که در خود عنوان نظریه
 مذکور است مستفاد میشود ، یعنی پیروزی بزرگ فلسفی « نظریه حوزه
 یکی شده » در این خواهد بود که مسیر طولانی علم را بسوی « یکی کردن »
 آنچه که بشر از عالم فیزیک درك میکند سوق میدهد . در طی قرون
 متمادی جریانهای مختلف کشف و نظر و تحقیق و استدلال بنحو متین و بسوی
 یکدیگر میل کرده و بایکدیگر در آمیخته و در مجاری ژرف و وسیعی جاری
 شده اند . اولین پیشرفت اساسی محدود کردن مواد متنوع و گوناگون
 بشمار عرصه پهناور جهان به ۹۲ عنصر طبیعی بود . آنگاه این عناصر هم
 بذرات اساسی معدود محدود شدند . بموازات این امر ، هر يك از نیروهای
 مختلف جهان یکی از تجلیات نیروی برق و مغناطیسی شناخته شد و
 انواع مختلف تشعشعاتی که در جهان وجود دارند ، از قبیل نور ، گرمی ،
 شعاعهای مجهول ، موجهای رادیویی و اشعه گاما ، همه امواج برق و مغناطیسی
 دانسته شدند که بوسیله اختلاف طول موج و تواتر از یکدیگر متمایز
 میشوند . خلاصه مطلب و جان کلام آنکه صفات مشخصه و ممیزه این

جهان بیکران متکاثف و متراکم شدند و بمقادیر اصلی فضا و زمان و ماده و کارمایه و جاذبه محدود و مقصور گردیدند. اما اینشتاین در نسبیت خاص خود یکی بودن ماده و کارمایه و در نسبیت عام جدا نشدنی و انقسام ناپذیر بودن کمیت پیوسته فضا زمان را ثابت کرد و نظریه حوزه یکی شده این وحدت عوارض طبیعی را بسر حد کمال خواهد رسانید. در منظر شکفت دیگری که این نظریه در برابر چشم میگسترد سراسر جهان میدان واحدی است که در آن هر ستاره و هر اتم، هر ستاره دنباله دار سرگردان، هر کهکشان که با حرکتی آرام در فضای بیکران در حرکت است و هر الکترون که با سرعتی سرسام آور حرکت میکند، همه صورتی و نمودی از واحد اصلی فضا زمان هستند. یک سادگی بسیار عمیق جانشین این پیچیدگی گیج کننده طبیعت میشود. امتیاز و اختلاف بین نیروی جاذبه و نیروی برق و مغناطیسی، بین ماده و کارمایه، بین بار الکتریکی و حوزه و بین فضا و زمان همه از میان خواهد رفت و جای خود را بر روابط بین آنها بایکدیگر خواهد داد و همه بشکل صورتبندیهای مختلف این پیوسته چهار بعدی، که جهانش میخوانیم، در خواهند آمد. همه آنچه بشر از جهان میفهمد، و همه تصورات مجرد او از حقیقت، بفرجام یکی خواهند شد و وحدت ریشه دار و عمیق جهان مسلم خواهد گردید.

« نظریه حوزه یکی شده » با هدف بزرگ علم سروکار دارد که، همچنانکه اینشتاین خود گفته است عبارت است از اینکه « هر چه ممکن باشد تعداد بیشتری واقعیات تجربی را بکمک منطق از تعداد کمتری اصول متعارفی و مفروضات استنتاج کند » ضرورت مستحکم کردن مبانی و یکی کردن مفاهیم و رسوخ در متنوعات و اختصاصات جهان ظاهری و

علم بوحدهت مسلمی که در زیر این ظاهر نهفته است فقط محرك اصلی علم نیست بلکه عالیترین و شریفترین علاقه فکر بشر است. فلاسفه و عرفا هم، مانند علماء، همواره بوسایل و طرق مختلف توجه بیاطن و درون-بینی کوشیده‌اند که بحقیقت جوهری که بر جهان ریاضی سلطه دارد و قوف یابند. بیش از دو هزار و سیصد سال پیش افلاطون گفته است «عاشق صادق علم پیوسته برای درک هستی» در تلاش است ... وی هیچ گاه به نمودهای رنگارنگی که وجودشان ظاهری بیش نیست قناعت نمیکند»

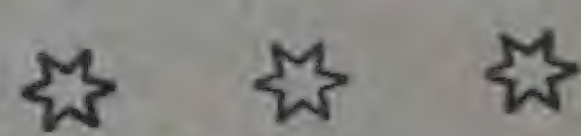


اما عجب آنکه کوشش آدمی برای درک حقیقت صورت ریشخند بخود گرفته است. هرچه نقاب از رخسار طبیعت دورتر میشود، هر قدر نظم جانشین بی نظمی و وحدت جایگزین اختلاف میگردد، هر اندازه مفاهیم بوضع روشنتر و قواعد اساسی بصورت ساده‌تر درمی‌آیند درک حقیقت باطنی تصویری که در نتیجه از طبیعت ترسیم می‌یابد دشوار تر میشود، عیناً همانطور که اگر پوست يك قیافه کاملاً آشنا را بردارند باز شناختن و تشخیص او از دیگران از روی استخوان بندی صورت غیر ممکن میگردد. استخوان بندی مجموعه شکل و طرح ظاهری و خارجی نسوجی را که بر روی آن قرار دارند معین میکنند. بین تصویری که مغز ما از درختی مرتسم میکند با تصویری که امواج مکانیکی از آن عرضه مینمایند، یا بین تابش نور در آسمان پرستاره يك شب تابستانی با کمیت پیوسته چهار بعدی که جانشین، فضای محسوس اقلیدسی ما شده است شباهتی نیست.

علم در کوششی که برای تشخیص ظواهر از حقایق و ظاهر ساختن

ساختمان اساسی جهان میکند بناچار باید قدم « از تراحم حواس » فراتر
 نهد. اما بقول اینشتاین بزرگترین بناهای علم بقیمت « خالی شدن »
 آنها بدست آمده است. هر قدر يك مفهوم نظری را از تجربه حسی دورتر
 کنیم میان تهی تر میشود زیرا که تنها عالمی که بشر بخوبی بدرکش
 قادر است عالمی است که مخلوق حواس خود او است و اگر هر چه را که نتیجه
 تأثیر این حواس است و هر چه را در ذهن او جای دارد طرد کند دیگر
 چیزی برایش باقی نخواهد ماند. این حقیقت را فیلسوف بزرگ آلمانی
 هگل^(۱) با این عبارت غامض بیان کرده است: « وجود مطلق بانیستی یکی
 است ». حالتی از وجود که با تداعی معانی توأم نباشد فاقد معنی است.
 تناقض را بین که آنچه را که فیلسوف و عالم عالم ظاهری میخوانند، یعنی
 روشنائی و رنگ، آسمان لاجوردین و برگهای زمردین، وزش نسیم
 روح بخش و زمزمه جویبار، عالمی که بوسیله آلات حواس مختلف بشر
 درك میگردد، جایی است که انسان، بحکم طبیعت خود، در آن محبوس
 و محدود است و اما آنچه را که عالم و فیلسوف عالم واقعی نام کرده اند و
 در آن صورت و رنگ را نفوذی و رنگی نیست، عالمی که مانند قطعه بزرگ
 یخی است که در زیر سطح ادراك بشر قرار داشته باشد، استخوان بندی
 حسی عالمی آن را مشتی قرائن و کنایات تشکیل میدهد.
 و این قرائن و کنایات در تغییرند. فیزیک دانان قرن گذشته رنگ
 سرخ گل را، که خود يك احساس هنری و درون ذاتی می شناختند، « در واقع »
 يك نوسان اثير ناقل نور میدانستند؛ قرار دانشمندان امروز اینست که
 رنگ سرخ را « طول موج » بدانند، یا اینکه آنرا « مقدار کارمایه موجود

در فوتونهای نور» انگارند. بقول یکی از فیزیک دانان نامی در «روزهای دوشنبه و چهارشنبه و جمعه نظریه کوانتوم را معتبر میدانند و در روزهای سه شنبه و پنجشنبه و شنبه تئوری امواج را دارای اعتبار میشناسند. و در هر دو حال مفاهیمی که بکار میرود ساختمانهای مجرد نظری است. بهنگام آزمایش مفاهیمی مانند جاذبه، برق و مغناطیس، کارمایه، جریان، عزم، اتم، نوترون، همه جزئیات نظری و ابداعات و استعاراتی است که مغز بشر اختراع کرده است تا به کمک آنها تصویر حقیقت را دریابد و بواقعیت برون-ذاتی و عینی که در زیر سطح اشیاء احساس میمناید و قوف پیدا کند. باین وجه علم بجای تصورات فریبنده و درهم حواس، دستگاہهای گوناگون برای تجسم و تصور بکمک امارات و کنایات بوجود آورده است. اما هر قدر در این دستگاہهای ممتاز دقت ریاضی بیشتر شود امروز کمتر دانشمندی رامیتوان یافت که به با توجه بخطاهای گذشته خود را شایسته آن بداند که مطالبی را بعنوان حقایق نهائی بر زبان آورد. بعکس صاحب نظران بزرگ، مانند نیوتن، اذعان دارند که ممکن است آنچه که امروز در نظر آنان واضح است در نظر نسلهای آینده درهم و مبهم جلوه کند و اعقاب ما بکارهای ما بهمان چشم نگاه کنند که ما بکارهای اخلاف خود مینگریم.



شاید با وجود همه آمیدی که بشر بکشف حقایق در آینده دارد در حال حاضر بر اثر تلاش برای درک غوامض طبیعت به حدودی رسیده باشد که راه را بر خود مسدود ببیند، درخوض در عالم بینهایت کوچک (۱)،

باسدهای تردید و دو حقیقتی و تناقض مواجه گردیده و متوجه شده است که ممکن نیست در حقیقت اشیاء رسوخ کند بی آنکه حالتها را که میخواهد مورد مطالعه قرار دهد ضایع و تباه سازد؛ و در مطالعه عالم بی نهایت بزرگ^(۱) سرانجام بجائی میرسد که فضا و زمان، جرم و کارمایه، ماده و حوزه را دارای وحدتی توصیف ناپذیر می یابد، نهایت و غایت ابدی و تغییر ناپذیری که ظاهراً در وراء آن جایی برای پیشرفت و ترقی نیست. بقول افلاطون «زندانی که بانتهای میدان دید ما محدود میشود». و همراهی که علم برای گریختن از این زندان در نظر میگیرد بیش از پیش به قلمرو مبهم استعاره و تجرید منتهی میگردد.

ممکن است که حد نهائی دانش ما که تجاوز از آن میسر نباشد جایی باشد که به تجسم کامل و یکنواخت^(۲) نایل گردیم، یعنی بجائی که تئوری و جریان طبیعی چنان بایکدیگر موازی و همداستان پیش روند و بایکدیگر سازگاری و توافق داشته باشد که ایجاب کند هر پدیده ای که مشهود افتد در نظر گرفته شود و از هیچ چیز صرف نظر نگردد. علم تا کنون در راه وصول باین هدف به بزرگترین پیروزیها رسیده، زیرا که، هر چند از طبیعت حقیقی اشیاء چیزی نمیداند، بتعین روابط آنها و توصیف وقایعی که مسبب و موجب آنهاست نایل گردیده است. بقول آلفرد نورث وایتهد^(۳) «واقعیه واحد چیزهائی است که واقعیت داشته باشند». مقصود او این بود که هر چند ممکن است دستگاہهای نظری تغییر کنند و یا مفاهیم و یا

Macrocosm (۱)

Isomorphic (۲)

Aifred North Whitehead (۳)

امارات و کنایات آنها میان تهی باشند، حقایق اصلی و پایدار علم و زندگی عبارتند از اتفاقات و فعالیتها و وقایع. اطلاق چنین فکری را میتوان بنحو بهتری بوسیله يك واقعه ساده فیزیکی، مثلاً برخورد دو الکترون، به جسم ساخت. در داخل حدود فیزیک جدید میتوان این واقعه را یکی از این صورتهای توصیف کرد. تصادم دو ذره كوچك ماده، یا دو واحد اولیه کارمایه الکتریکی، یا اجتماع دو ذره یا دو موج احتمالات، یا اختلاط جریان (۱) در پیوسته چهار بعدی فضا مکان. تئوری تعیین نمیکند که در این برخورد چیزهای اصلی کدامند. پس به تعبیری الکترونها «حقیقی» نیستند بلکه فقط علائم نظری میباشند؛ اما از طرف دیگر برخورد «حقیقی» است و «واقعه» واقعیت دارد. گوئی جهان حقیقی عینی در زیر گنبد نیم شفاف نفیخته است و آدمی که از پشت جدار نیم شفاف و بخار آلوده آن، که پیوسته بر اثر تغییر جنبه های نظری تغییر شکل میدهد، به ترصد و مطالعه میپردازد بزحمت بکشف برخی روابط که ظاهر آید دارند و حوادثی که روی میدهند موفق میگردد. حداکثر آنچه که ممکن است از علم او انتظار داشت نمایش پایدار و يك شکل این روابط و حوادث است. از این نقطه به بعد در حقیقت انسان مواجه با ضلالت و دو چار سرگشتگی است.

در تکامل فکر علمی حقیقتی بصورتی خیلی روشن ظاهر و بارز گردیده است: هیچ رازی در جهان فیزیکی نیست که بر از دیگری در وراء خود منتهی نشود. همه شاهراههای عقل و همه کور راههای علوم نظری و فرضیات و حدسیات سرانجام بفضای بی پایانی منتهی میگردند که عقل بشر از درك اندازه آن قاصر است. زیرا که بشر بزنجیر اوضاع وجود

خود بسته و در درون حدود و قیود طبیعی خویش زندانی است، هر چه بیشتر افقهای خود را بسط میدهد بیشتر باین حقیقت متوجه میشود که بقول نیلس بوهر^(۱)، فیزیک دان معروف، «ما در نمایشنامه بزرگ وجود هم بازیگریم و هم تماشاچی». پس انسان بزرگترین معما برای خود اوست. پیاره کردن پرده اسرار جهانی که در آن زیست میکند موفق نمیشود بدلیل آنکه بحقیقت وجود خود پی نمیبرد. خیلی کم به عوارض و حوادث آلی وجود خود وقوف دارد، و خیلی کمتر از آن باستعدادی که با آن بزرگ جهان نایل میشود و باستدلال و تفکر درباره آن میپردازد. کمتر از همه متوجه شریفترین و مرموزترین استعداد خود، یعنی این استعداد است که میتواند در فوق خود قرار گیرد و خویشتن را در حین مشاهده مشاهده کند.

بن بستی که بشر را از آن گریزی نیست اینست که وی خود همان جهانی است که میخواهد به کنه آن پی برد، جسم و مغز عجیب او از همان ذراتی ترکیب شده اند که فضای تاریک و مبهم بین ستاره ها را تشکیل میدهند؛ خود او، در تجربه و تحلیل نهائی، صورتی است از حوزه اصلی فضا زمان او، که در نیمه راه بین بینهایت بزرگ و بینهایت کوچک متوقف است، از هر طرف یا مانعی روبرو است و جای آن است که با حیرت زدگی جمله ای را که هزار و نهصد سال قبل پولس مقدس^(۲) بر زبان آورد تکرار کند و بگوید که «جهان با ما خدا بوجود آمد و در آن هر چیز که پیدا است ساخته و پرداخته چیزی است که پیدانیست»

ضمیمه

درفیزیک نظری اغلب برای رسیدن بمفهوم‌های متعدد موجود است. توضیح اصل افزایش جرم جبری در صفحات ۷۳ و ۷۴ این کتاب خیلی نزدیک بروشی است که در بسیاری از کتابهای دبیرستانی بکار میرود. اینشتاین این اصل را در کتاب «نسبیت و نظریه های خاص و عام آن» (۱) بازبانی بیان کرده است که برای کسانی که تاحدی مایه ریاضی دارند قابل فهم است. اینک چند مستخرج مختصر از آن کتاب:

«مهمترین نتیجه کلی وعمومی که از نظریه خاص نسبیت عاید شده است مربوط است بمفهوم جرم. پیش از ظهور نسبیت فیزیک دو قانون بقای اساسی وخیلی مهم داشت، یعنی قانون بقای کارمایه وقانون بقای جرم. این دو قانون بظاهر با یکدیگر هیچ بستگی نداشتند و از یکدیگر مستقل بودند. بوسیله نظریه نسبیت هر دو قانون توأم شده بصورت قانون واحد درآمدند...»

«مطابق نظریه نسبیت کارمایه حرکتی (۲) یک نقطه مادی بجرم m دیگر بوسیله دستور معروف $\frac{1}{2} m v^2$ داده نمیشود بلکه بادستور

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

پان میگردد.

« بوسیله ملاحظات بالنسبه سهل و ساده میتوان نتیجه گرفت که گر جسمی که با سرعت v تغییر مکان میدهد مقداری کارمایه مساوی E_0 بصورت تشعشع جذب کند، بی آنکه در نتیجه این عمل در سرعت آن تغییری حاصل شود، بکارمایه موجود در آن باندازه

$$\frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

فزوده میگردد.

« باتوجه بدستوری که کمی جلوتر برای کارمایه حرارتی بیان کردیم مقدار کارمایه ای که جسم بدست میآورد با عبارت

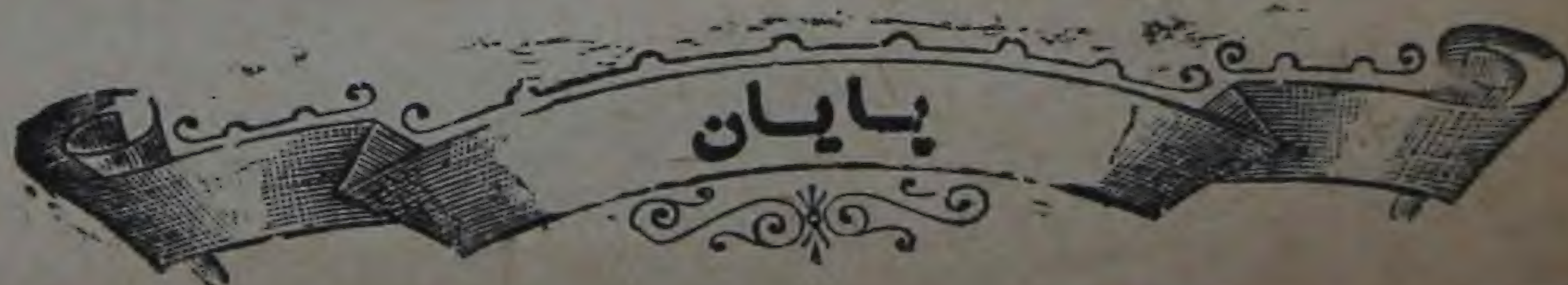
$$\frac{\left(m + \frac{E_0}{c^2}\right) c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

بیان میشود.

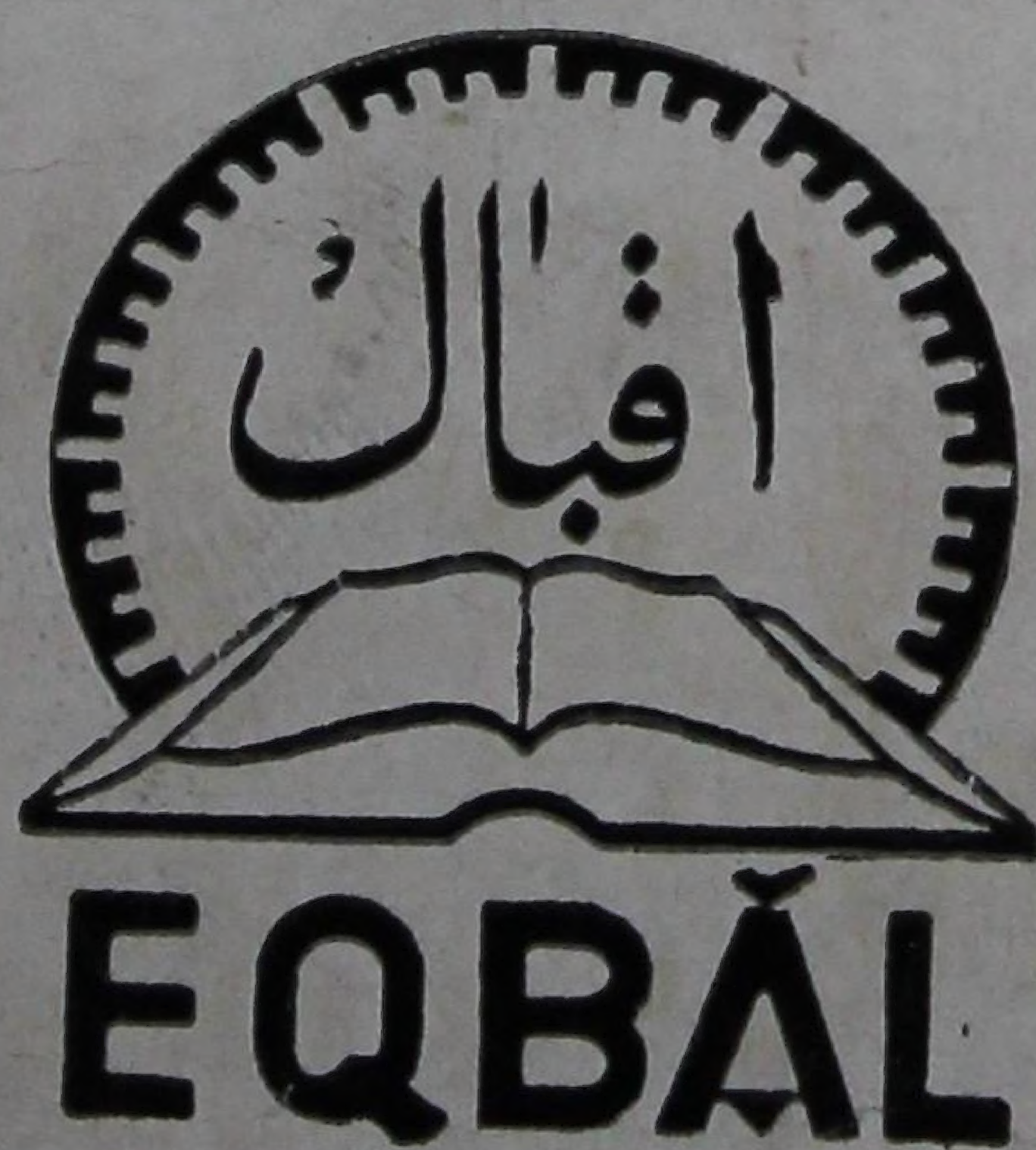
« باین ترتیب این جسم باندازه جسمی بجرم $\left(m + \frac{E_0}{c^2}\right)$ که

با سرعت v حرکت کند کارمایه خواهد داشت. بنا براین میتوان گفت

اگر جسمی بانداژه E_0 کارمایه جذب کند جرم جبری آن بانداژه
افزایش مییابد. پس جرم جبری يك جسم ثابت نیست و بتناسب تغییر
مایه آن تغییر میکند. جرم جبری يك دستگاه جرمها را هم میتواند مانند
ژة کار مایه آن دانست. قانون بقای جرم دستگاه شبیه بقانون بقای
مایه آن میشود







شرکت نسبی حاج محمد حسین اقبال و شرکاء



**ALLAMA
IQBAL LIBRARY**

**UNIVERSITY OF KASHMIR
HELP TO KEEP THIS BOOK
FRESH AND CLEAN**